ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 OCTOBRE 1920.

PRÉSIDENCE DE M. Henri DESLANDRES.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Messieurs,

L'Académie a fait la semaine dernière une perte cruelle. Un des maîtres de la Zoologie contemporaine, notre confrère **Yves Delage**, président de l'Union biologique internationale, nous a été enlevé par une maladie grave à évolution rapide. Il est mort relativement jeune, à l'âge de 66 ans, après s'être, il est vrai, dépensé sans compter dans un labeur fécond et ininterrompu.

Étant jeune étudiant en médecine à Paris, il est attiré vers la Zoologie par les leçons pleines de foi, professées à la Sorbonne par Lacaze-Duthiers. Il se fait inscrire à son laboratoire et aussi au laboratoire annexe de Roscoff; dans ses premières recherches, il se révèle expérimentateur très habile et très tenace.

Après avoir passé presque en même temps le doctorat en médecine et le doctorat ès sciences naturelles, il est envoyé à la Faculté de Caen, en 1883, comme professeur de Zoologie, mais il y reste peu. Son maître Lacaze-Duthiers, frappé de ses qualités exceptionnelles, le rappelle à Paris comme Maître de conférences, le présentant à tous comme son successeur. Il lui cède ultérieurement sa chaire de Zoologie, d'Anatomie et de Physiologie comparées, après avoir pris pour lui une autre chaire de la Faculté.

A 32 ans, notre confrère Delage est professeur titulaire à la Sorbonne et, peu après, directeur adjoint du laboratoire de Roscoff. Désormais sa vie scientifique est partagée entre ces deux fonctions, qu'il a occupées jusqu'à sa mort. Il aimait beaucoup l'établissement maritime de Roscoff, qui lui doit sa forme actuelle, et qu'il a beaucoup augmenté. C'est à Roscoff qu'il a trouvé les éléments de ses principales découvertes.

Son premier travail, qui lui vaut le grand prix des Sciences physiques, porte sur les petits Crustacés, appelés Edriophthalmes, dont il reconnaît et décrit l'appareil circulatoire, grâce à des injections très difficiles à réaliser.

Il étudie ensuite un parasite remarquable, la Sacculine, qui est un crustacé inférieur fixé sous l'abdomen du crabe vulgaire. Il a pu discerner et suivre son évolution complète.

L'embryon de la Sacculine, le nauplius, vit librement dans la mer; puis, arrivé après une mue au stade Cypris, il s'accroche par une antenne à la carapace de sa victime. Avec un tube rigide, formé plus tard, il perce cette carapace et injecte sa propre substance dans la cavité du corps du crabe. Là, au contact des sucs nourriciers de son hôte, le parasite pousse des prolongements ramifiés, des racines, dans tout le corps de celui-ci, en perdant peu à peu son appareil digestif et ses membres devenus inutiles. Mais il conserve ses organes de reproduction, qui doivent se développer à l'extérieur. Il perce de nouveau la carapace, mais en sens inverse, et forme une nouvelle poche dans laquelle on trouve finalement les petits embryons nauplius. Le cycle est alors fermé. Ce cas de parasitisme est un des plus singuliers et des plus curieux que l'on connaisse.

Il faut signaler aussi la reconnaissance d'un système nerveux dans les Planaires acèles, et une longue étude sur l'embryogénie des Éponges, mais on peut citer ici seulement les recherches principales. Dans les dernières années, le professeur Delage a beaucoup étudié et discuté la parthénogenèse expérimentale dont il a éclairci plusieurs points importants; il a fait, en particulier, de longues recherches sur la fécondation chimique et même électrique des Oursins. Les êtres nés dans ces conditions spéciales avaient eu jusqu'alors une existence éphémère, qui n'allait pas en général au delà d'un jour; or, il a pu, à Roscoff, élever un oursin qui a vécu plusieurs mois, qu'il nous a présenté ici-même et qui offre tous les caractères de l'âge adulte.

Cependant, au cours de ces belles recherches, qui, les premières surtout, se rapportent à la morphologie, notre confrère avait usé beaucoup du microscope, et souvent avec excès. En 1895, il ressent les premières atteintes d'une maladie grave des yeux, qui, finalement, empire; car, entraîné toujours par son ardeur et son amour de la Science, il ne pouvait s'astreindre au repos complet qui était nécessaire.

En 1904, il devient presque complètement aveugle; mais il accepte ces épreuves successives, très dures, avec une vigueur d'âme vraiment remarquable. Son activité scientifique reste la même, elle est seulement orientée vers d'autres sujets.

C'est ainsi qu'il commença en 1895 ses grandes publications d'ordre général qui ont accru largement sa célébrité.

Dans un grand volume intitulé : *Structure du protoplasma. Les théories de l'hérédité et les grands problèmes de Biologie générale*, il résume toutes les grandes théories sur la substance vivante et en fait l'examen critique; il expose ensuite sa théorie personnelle des causes actuelles. L'Ouvrage a eu une très grande influence sur la direction donnée aux recherches biologiques.

En 1896, avec la collaboration de M. Hérouard, il publie le premier volume de la *Zoologie concrète*, qui doit comprendre au moins un volume pour chacun des dix embranchements du règne animal. Six volumes ont déjà paru.

L'année suivante, il présenta sa première *Année biologique*, qui résume dans un ordre logique tous les travaux d'une année et contient des articles originaux sur les sujets d'actualité. Cette publication, très utile, a été continuée jusqu'à sa mort; elle peut être présentée comme un modèle aux autres sciences.

Les Mémoires de moindre importance sont nombreux et se rapportent aux sujets les plus divers. Il était en effet fort instruit, très averti et documenté sur toutes les connaissances humaines. On lui doit en particulier plusieurs Notes intéressantes sur la psychologie du rêve. Il a condensé toutes les opinions émises sur le sujet, ses observations et idées personnelles, dans un gros Ouvrage qu'il nous présentait il y a un mois.

En résumé, il a été incontestablement un grand naturaliste, et, par un privilège très rare à notre époque, il a pu être appelé un encyclopédiste. Il s'intéressait à toutes les questions, et pouvait, grâce à ses connaissances étendues, prendre part à toutes les discussions. Ayant en plus une intelligence très vive, un caractère très droit, un idéal de vie très simple et très élevé, il se formait rapidement une opinion sur la question posée et la présentait volontiers, avec une parole claire, vibrante et colorée. Il était assurément une des figures les plus originales de notre Compagnie, et sa perte est vivement ressentie par tous.

L'Académie s'incline devant les hautes qualités de l'homme, et prend part largement au deuil de sa femme et de ses enfants.

ASTRONOMIE. — *Corrections des signaux horaires normaux émis par le Bureau international de l'Heure du 1er janvier au 19 mars* 1920. Note de M. G. **Bigourdan**.

Nous avons déjà donné (p. 605 de ce vol.), dans un premier Tableau, les corrections adoptées de la pendule directrice. Voici maintenant les corrections conclues pour les signaux :

TABLEAU II.

Corrections des signaux ordinaires partiellement automatiques *du matin* (t, 4) *et du soir* (t, 9).

(Battements automatiques de $45^{m}.0^{s},0 — 47^{m}.0^{s},0 — 49^{m}.0^{s},0$).

Les dates marquées d'une ★ sont celles où l'on a obtenu des observations méridiennes.

1920. Janvier.	Corrections.	1920. Janvier.	Corrections.	1920. Février.	Corrections.	1920. Février.	Corrections.
	s		s		s		s
1,4 ♃..	—0,19	21,4 ☿..	—0,08	9,9....	+0,05	29,9 ★..	—0,03
,9....	—0,20	,9 ★..	—0,07	10,4 ♂..	+0,06	Mars.	
2,4 ♀..	—0,21	22,4 ♃..	—0,05	,9....	+0,06	1,4 ☾..	—0,08
,9 ★..	—0,16	,9 ★..	—0,09	11,4 ☿..	+0,10	,9 ★..	—0,08
3,4 ♄..	—0,18	23,4 ♀..	—0,06	,9 ★..	+0,10	2,4 ♂..	—0,03
,9....	—0,09	,9 ★..	—0,08	12,4 ♃..	+0,10	,9 ★..	—0,12
4,4 ⊙..	—0,08	24,4 ♄..	—0,07	,9....	+0,04	3,4 ☿..	—0,06
,9....	—0,09	,9....	—0,04	13,4 ♀..	+0,05	,9 ★..	—0,08
5,4 ☾..	—0,09	25,4 ⊙..	—0,06	,9....	+0,06	4,4 ♃..	—0,06
,9....	—0,09	,9....	—0,07	14,4 ♄..	+0,09	,9 ★..	—0,08
6,4 ♂..	—0,09	26,4 ☾..	—0,06	,9....	+0,07	5,4 ♀..	+0,01
,9....	—0,06	,9....	—0,01	15,4 ⊙..	+0,07	,9 ★..	+0,05
7,4 ☿..	—0,05	27,4 ♂..	+0,01	,9 ★..	+0,06	6,4 ♄..	—0,08
,9....	—0,08	,9....	—0,01	16,4 ☾..	+0,08	,9....	—0,06
8,4 ♃..	—0,08	28,4 ☿..	0,00	,9 ★..	—0,05	7,4 ⊙..	—0,08
,9....	—0,06	,9....	—0,05	17,4 ♂..	—0,03	,9....	—0,12
9,4 ♀..	—0,03	29,4 ♃..	0,00	,9 ★..	—0,05	8,4 ☾..	—0,12
,9....	—0,06	,9 ★..	—0,04	18,4 ☿..	—0,05	,9 ★..	—0,12
10,4 ♄..	—0,06	30,4 ♀..	—0,02	,9....	—0,06	9,4 ♂..	—0,11
,9....	—0,05	,9....	—0,16	19,4 ♃..	—0,05	,9....	—0,04
11,4 ⊙..	—0,09	31,4 ♄..	—0,12	,9 ★..	—0,14	10,4 ☿..	—0,01
,9....	—0,06	,9 (3).	—0,16	20,4 ☿..	—0,12	,9....	0,00
12,4 ☾..	—0,03	Février.		,9....	—0,11	11,4 ♃..	+0,02
,9....	—0,08	1,4 ⊙..	—0,14	21,4 ♄..	—0,12	,9....	+0,02
13,4 ♂..	—0,07	,9 ★..	—0,15	,9....	—0,16	12,4 ♀..	+0,03
,9....	—0,09	2,4 ☾..	—0,13	22,4 ⊙..	—0,14	,9 ★..	+0,06
14,4 ☿..	—0,07	,9 ★..	—0,09	,9....	—0,16	13,4 ♄..	+0,05
,9 ★..	—0,10	3,4 ♂..	—0,07	23,4 ☾..	—0,16	,9....	—0,06
15,4 ♃..	—0,10	,9 ★..	—0,07	,9 ★..	—0,17	14,4 ⊙..	—0,05
,9 (1).	—0,07	4,4 ☿..	—0,05	24,4 ♂..	—0,18	,9....	0,00
16,4 ♀..	—0,05	,9....	—0,01	,9 ★..	—0,10	15,4 ☾..	—0,04
,9 ★..	—0,05	5,4 ♃..	—0,05	25,4 ☿..	—0,07	,9 ★..	—0,04
17,4 ♄..	—0,05	,9 ★..	—0,03	,9....	—0,07	16,4 ♂..	—0,02
,9 ★..	—0,04	6,4 ♀..	—0,01	26,4 ♃..	—0,08	,9 ★..	—0,05
18,4 ⊙..	—0,04	,9 ★..	+0,02	,9....	—0,07	17,4 ☿..	—0,02
,9....	—0,03	7,4 ♄..	+0,06	27,4 ♀..	—0,05	,9....	—0,02
19,4 ☾..	—0,03	,9 ★..	+0,04	,9....	—0,06	18,4 ♃..	+0,01
,9....	—0,06	8,4 ⊙..	+0,08	28,4 ♄..	—0,04	,9....	—0,03
20,4 (2) ♂	—0,04	,9 ★..	+0,07	,9 ★..	—0,05	19,4 ♀..	—0,00
,9....	—0,08	9,4 ☾..	+0,09	29,4 ⊙..	—0,04	,9 ★..	—0,00

(1) Janv. 15,9. Les signaux de $47^{m}0^{s},0$ et de $49^{m}0^{s},0$ ont été envoyés à la main, et en retard de $0^{s},1$ environ.

(2) Janv. 20,4. Les signaux automatiques passent en retard de $0^{s},15$ environ.

(3) Janv. 31,9. Le signal de $47^{m}0^{s},0$ est faible et en retard de $0^{s},06$ au moins; celui de $49^{m}0^{s},0$ est en retard au moins de $0^{s},03$ à $0^{s},04$.

TABLEAU III.

Corrections des battements 1 et 300 des signaux scientifiques de $23^h 30^m$.

Quand on a obtenu des observations méridiennes, une étoile (★) remplace le signe du jour de la semaine.

1920.	Heures télégraphiées. Batt^t 1. (m s)	Batt^t 300. (m s)	Corr. (s)
Janv. 1 ♃	29.31,84	34.24,93	—0,20
2 ★	29.31,00	34.24,10	—0,16
3 ♄	38. 2,22	42.55,32	—0,09
4 ⊙	39.13,76	44. 6,85	—0,09
5 ☾	28.23,52	33.16,63	—0,09
6 ♂	35.57,42	40.50,50	—0,05
7 ☿	29.28,56	34.21,62	—0,08
8 ♃	34.25,43	39.18,52	—0,06
9 ♀	29.28,36	34.21,40	—0,06
10 ♄	35. 6,70	39.59,65	—0,05
11 ⊙	33.18,58	38.11,51	—0,06
12 ☾	31.28,08	36.21,02	—0,06
13 ♂	29.36,88	34.29,75	—0,09
14 ★	31.24,92	36.17,97	—0,08
15 ♃	29.55,09	35.48,13	—0,07
16 ★	29.18,47	34.11,56	—0,04
17 ★	29.30,88	34.23,97	—0,04
18 ⊙	29.29,12	34.22,20	—0,02
19 ☾	31.10,77	36. 3,88	—0,06
20 ♂	32. 9,47	37. 2,54	—0,06
21 ★	29.16,80	34. 9,97	—0,07
22 ★	30.47,79	35.40,90	—0,09
23 ★	29.51,33	34.44,62	—0,08
24 ♄	32.16,16	37. 9,22	—0,03
25 ⊙	30.17,69	35.10,83	—0,07
26 ☾	29.46,68	34.39,80	—0,01
27 ♂	30.16,02	35. 9,16	—0,01
28 ☿	29.12,71	34. 5,83	—0,04
29 ★	29.30,76	34.23,92	—0,05
30 ♀	29.53,69	34.46,81	—0,16
31 ♄	30.42,05	35.35,19	—0,16
Févr. 1 ★	29.30,76	34.23,88	—0,15
2 ★	30.57,69	35.50,78	—0,09
3 ★	29.16,99	34.11,09	—0,05
4 ☿	34.14,50	35. 7,59	—0,01
5 ★	29.26,29	34.19,40	—0,03
6 ★	29.32,25	34.25,36	+0,02
7 ★	30. 9,41	35. 2,50	+0,04
8 ★	30. 7,90	35. 1,01	+0,07
Févr. 9 ☾	29.30,62	34.23,70	+0,06
10 ♂	30.53,02	35.46,13	+0,06
11 ★	29.20,13	34.13,23	+0,11
12 ♃	30.19,27	35.12,31	+0,04
13 ♀	29.31,02	34.24,12	+0,07
14 ♄	29.33,21	34.26,32	+0,07
15 ★	32.25,17	37.18,25	+0,06
16 ★	30.17,96	35.11,00	—0,05
17 ★	29.31,99	34.25,07	—0,05
18 ☿	30. 6,37	34.59,48	—0,06
19 ★	29.31,17	34.24,29	—0,12
20 ♀	29.34,41	34.27,50	—0,11
21 ♄	34. 4,83	»	—0,16
22 ⊙	29.31,51	34.24,65	—0,16
23 ★	29.33,59	34.26,65	—0,17
24 ★	33.32,61	38.25,75	—0,10
25 ☿	30. 9,54	35. 2,66	—0,07
26 ♃	29.29,94	34.23,02	—0,07
27 ♀	31.28,33	36.21,46	—0,06
28 ★	35. 8,02	40. 1,16	—0,05
29 ★	34.52,50	39.45,62	—0,03
Mars 1 ★	29.30,53	34.23,67	—0,08
2 ★	29.30,02	34.23,10	—0,12
3 ★	29.19,93	34.13,07	—0,08
4 ★	30.42,89	35.35,98	—0,01
5 ★	29.30,64	34.23,82	—0,05
6 ♄	29.28,98	34.22,06	—0,06
7 ⊙	29.31,63	34.24,69	—0,12
8 ★	29.24,71	34.17,83	—0,12
9 ♂	39.30,05	34.23,13	—0,04
10 ☿	30.56,69	35 49,80	0,00
11 ♃	29.56,83	34.49,94	+0,02
12 ★	35. 4,15	39.57,25	+0,06
13 ♄	34.45,02	39.38,24	—0,06
14 ⊙	32. 2,05	36.55,21	0,00
15 ★	30.50,28	35.43,52	—0,04
16 ★	29.40,05	34.33,22	—0,05
17 ☿	29.30,36	34.23,57	—0,02
18 ♃	»	»	—0,03

OCÉANOGRAPHIE. — *Application du tube de Pitot à la détermination de la vitesse des navires et à l'enregistrement des espaces parcourus.* Note de M. **Yves Delage** (¹).

Le tube de Pitot a été employé depuis longtemps à la détermination de la vitesse des courants par rapport aux objets immergés immobiles; rien n'empêche, retournant les termes de la question, de l'appliquer à la détermination de la vitesse d'un objet se mouvant dans l'eau tranquille.

Sous sa forme la plus fruste, le problème ne présente aucune difficulté : il suffit d'établir sous le navire un tube de Pitot traversant la carène et de lire les indications des hauteurs après avoir repéré le niveau de l'eau ambiante quand le navire est au repos. Le liquide se mouvant dans un tube transparent ou actionnant un flotteur, les vitesses réalisées peuvent être lues sur une échelle graduée très facile à établir. Mais c'est là une solution grossière et imparfaite. Je me suis proposé de résoudre trois questions accessoires susceptibles de donner à l'appareil une valeur pratique : la première consiste à transporter les indications de l'instrument en un point quelconque du navire : chambre du capitaine, poste de commandement; la deuxième, à rendre les indications de l'instrument indépendantes des variations de la charge et du tirant d'eau du navire; la troisième, à enregistrer les indications des vitesses après avoir rendu les ordonnées de la courbe proportionnelles aux vitesses elles-mêmes et non à leurs carrés, ce qui permet, en déterminant la surface de la courbe, de connaître les espaces parcourus.

1. *Transport des indications à distance.* — Supposons que l'on ait installé dans le navire deux tubes voisins, l'un comme un tube de Pitot, l'autre fermé en bas, sauf quelques minuscules ouvertures, de manière à permettre l'effet hydrostatique en excluant l'effet Pitot. Ce second tube donnera le niveau exact de la mer au dehors, tandis que dans le premier l'eau montera plus ou moins haut selon la vitesse du navire. Supposons que le tube de Pitot soit fermé en haut à une certaine distance au-dessus du niveau de l'eau à son intérieur et qu'à l'aide d'une pompe nous comprimions de l'air dans l'espace clos E ainsi obtenu jusqu'à ce que l'eau soit refoulée au même niveau que dans le tube hydrostatique. A ce moment, la pression dans

(¹) Cette Note a été intégralement dictée par M. Delage au cours de sa dernière maladie, quelques jours avant sa mort, et destinée par lui aux *Comptes rendus* de l'Académie des Sciences.

l'espace E sera précisément égale à celle de la colonne d'eau H qui se serait élevée dans le tube de Pitot au-dessus du niveau hydrostatique par l'effet de la vitesse. Quelles que soient les variations de la vitesse, tant qu'on saura maintenir le niveau identique dans les deux tubes, on pourra affirmer, sans plus ample examen, que la pression H est bien celle qui correspond à la vitesse ou plutôt au carré de la vitesse.

Pour maintenir automatiquement l'identité de niveau dans les deux tubes, j'ai imaginé le dispositif suivant. Je n'en donnerai ici que le principe, réservant le détail et les figures pour un Mémoire qui doit paraître dans le *Bulletin* du Musée de Monaco.

Dans le tube de Pitot est un flotteur fait d'une substance diélectrique surmonté d'une tige qui monte et descend dans l'axe du tube suivant les variations du niveau de l'eau. Cette tige porte à une certaine hauteur deux ergots superposés susceptibles d'entrer en contact chacun avec un butoir et ne permettant que des mouvements très faibles du flotteur. Dès que l'eau tend à s'élever dans le tube, l'ergot supérieur entre en contact avec le butoir supérieur et ferme un courant électrique au moyen de fils traversant la paroi du tube à l'état isolé. Ce courant actionne un petit moteur électrique actionnant un robinet à ressort qui met l'espace E en communication avec un vase contenant de l'air comprimé. Dès que le niveau baisse, l'ergot inférieur rencontre le butoir inférieur et ferme un courant électrique actionnant un petit moteur qui ouvre un robinet à ressort faisant communiquer l'espace E avec le dehors. Ainsi, dès que l'eau tend à monter dans le tube de Pitot, de l'air est injecté dans l'espace E et la refoule à son niveau; dès qu'elle commence à baisser, de l'air s'échappe de l'espace E et rétablit le niveau invariable. Tous ces dispositifs sont d'une simplicité élémentaire. Si donc l'espace E communique par un tube en caoutchouc épais avec l'enregistreur situé où l'on voudra, la pression enregistrée par l'appareil sera, sans perte aucune résultant de la distance, transportée au niveau de l'enregistreur.

2. *Indépendance des indications instrumentales et des variations de la charge.* — Le tirant d'eau d'un navire variant suivant les variations des chargements aux escales et, en cours de route, selon la consommation du charbon, le niveau dans le tube hydrostatique n'est en rien fixe par rapport au navire. Tout accroissement de la charge fera monter l'eau dans le tube de Pitot et agira comme un accroissement de la vitesse; toute diminution de la charge fera baisser l'eau et agira comme une diminution de la vitesse. Or, il n'y a aucun moyen de corriger ces variations par le fonctionnement du

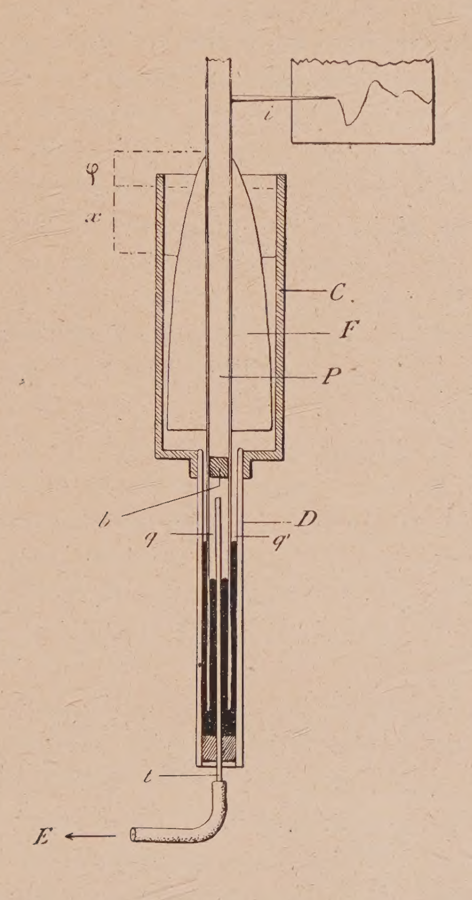
flotteur ci-dessus décrit. En effet, tout abaissement du niveau dans le tube par suite de cette cause s'inscrit comme une diminution de la vitesse et, pour rétablir l'exactitude des indications, il faudrait injecter de l'air dans l'espace E. Or, l'abaissement du flotteur a précisément l'effet inverse; il faut recourir à d'autres moyens. Celui qui m'a paru le plus simple consiste à rendre le tube de Pitot solidaire non plus des parties fixes du navire, mais de l'eau ambiante, en le rendant flotteur.

Pour cela, imaginons que la carène soit traversée par un tube de large diamètre (une dizaine de centimètres) s'ouvrant en bas dans l'eau et s'élevant plus haut que le niveau de l'eau extérieure dans toutes les conditions de charge. Ce gros tube contiendra le tube de Pitot, lequel flottera à son intérieur. Deux guides en haut et deux en bas assureront sa position dans l'axe du gros tube et l'orientation de son extrémité inférieure vers l'avant. Ce tube de Pitot sera d'un métal épais, pour être lourd et avoir une grande inertie, et il sera engainé sur une hauteur convenable par un tube léger, à parois minces, circonscrivant autour de lui un espace plein d'air et étanche, de manière que l'ensemble flotte dans l'eau du tube extérieur et suive les variations du niveau dans ce tube. Les orifices de sortie du tube de Pitot et des guides sont suffisants pour permettre dans le tube extérieur l'effet hydrostatique, mais non l'effet Pitot. Grâce à son poids et à son inertie, ce tube de Pitot suivra les variations de niveau correspondant à celles de la charge et les indications de l'enregistreur n'en seront pas affectées. C'est pour permettre les variations de niveau que l'espace clos E est relié à l'enregistreur par un tube de jonction en caoutchouc.

3. *Enregistrement des vitesses et des espaces parcourus.* — On pourrait faire aboutir le tube de jonction à un simple manomètre à mercure, mais l'enregistrement des hauteurs ne serait pas aisé; celles-ci, étant proportionnelles à H, seraient proportionnelles à V^2 et non à V, en sorte que la lecture de la courbe ne permettrait pas la connaissance des espaces parcourus. Voici comment j'ai paré à cette difficulté.

Imaginons un tube cylindrique qui, dans le cas actuel, mesure 6^{cm} de diamètre et 15^{cm} de haut. Ce cylindre, C (*fig.* 1), ouvert en haut, fermé en bas, se continue en bas par un diverticule D de diamètre plus étroit (18^{mm}), d'environ 20^{cm} de long et contenant du mercure dans sa moitié inférieure. Dans ce diverticule pénètre, par l'extrémité inférieure, un tube de petit calibre que nous appellerons le tube axial *t* et qui est relié par le tube de jonction à l'espace clos E : le tube axial traverse le mercure et s'ouvre librement à une petite distance au-dessus de son niveau. Ce tube axial est coiffé

par un tube plongeur, P, qui porte le style inscripteur i à sa partie supérieure. Ce tube est très mince et d'un diamètre intermédiaire entre le diamètre extérieur du tube axial et le diamètre intérieur du diverticule. Le tube plongeur peut descendre jusqu'au fond du diverticule; en un point situé très peu au-dessus de la terminaison du tube axial, il est muni d'un petit bouchon étanche, b; enfin, dans la partie comprise à l'intérieur du



cylindre C il est muni d'un flotteur en paraffine, F, de forme conoïde à base inférieure. On verse alors de l'eau dans le cylindre jusqu'à immerger complètement le flotteur de paraffine, qui doit être calculé de manière que le système qu'il forme avec le tube plongeur ne flotte pas, mais soit capable de s'élever sous la plus minime pression.

Remarquons que l'eau du cylindre a accès dans l'espace q' compris entre le tube plongeur et le diverticule, mais qu'elle est empêchée, par l'index de

mercure, de pénétrer dans l'espace q compris entre le tube axial et le tube plongeur.

Les choses étant ainsi disposées, supposons qu'une pression d'air s'établisse dans l'espace E. Cet air aura accès, par le tube axial, dans l'espace situé sous le bouchon b, mais ne pourra s'échapper, étant retenu latéralement par la paroi du tube plongeur, en haut par le bouchon b et en bas par le mercure de l'espace q.

Cette pression d'air aura un double effet : 1° elle refoulera vers le bas le mercure de l'espace q jusqu'à ce que le niveau du mercure dans l'espace q', ait établi une dénivellation capable de la compenser. La longueur du diverticule est calculée de façon que cette condition soit toujours satisfaite; 2° pressant de bas en haut sur le bouchon b, elle soulèvera par son intermédiaire le tube plongeur. Mais, au fur et à mesure de cette ascension, le flotteur F émergera de plus en plus, s'alourdissant du poids d'un cône d'eau égal au volume du cône émergé, jusqu'à faire équilibre à la pression qui le soulève; mais, ce qui est intéressant, c'est que cette hauteur d'émergence, qui se traduit par les ordonnées du graphique, peut être rendue proportionnelle à la vitesse du courant.

Soient, en effet, V la vitesse du courant, H la pression correspondante dans l'espace E, φ la hauteur d'émergence du flotteur et ρ le rayon de la section droite déterminée sur le flotteur par le plan d'eau. H sera proportionnel d'une part à V^2 et d'autre part à $\varphi\rho^2$. Si l'on taille le flotteur de telle façon qu'en tous ses points ρ^2 soit égal à $K\varphi$, on voit que H sera proportionnel d'une part à V^2, d'autre part à φ^2, d'où il résulte que V et φ sont proportionnels entre eux.

On voit par là que la génératrice qui, en tournant autour de l'axe, serait susceptible d'engendrer le solide de révolution voulu aurait pour formule analytique, en prenant pour coordonnées l'axe comme abscisse et la perpendiculaire au sommet de la courbe comme ordonnée, $\rho'^2 = K\varphi$. Or, c'est là précisément la formule d'une parabole rapportée aux mêmes axes, K représentant le double de la distance entre la directrice et le foyer.

La courbe génératrice ayant été tracée par points, ou d'un mouvement continu, on peut s'en servir pour établir un gabarit en tôle, dont le bord est rendu tranchant, et qui sert à façonner, de façon adéquate, le flotteur sur le tour.

Nous avons, dans ce qui précède, supposé que le niveau de l'eau restait constant dans le cylindre C, ce qui est facile à obtenir par l'adjonction d'un réservoir à large surface; mais j'ai trouvé plus élégant de supprimer ce

réservoir et de façonner le flotteur de paraffine de façon que sa hauteur d'ascension reste la même que dans le cas précédent, en dépit de l'abaissement du niveau autour de lui.

Si l'on appelle φ la hauteur d'ascension vraie du flotteur, ρ le rayon de la section droite du cône soulevé quand le niveau de l'eau est maintenu invariable, ρ' le rayon de la section droite du cône émergé dans le cas où l'eau peut baisser autour de lui, x la hauteur dont l'eau a baissé dans le cylindre et R le rayon de ce cylindre, $\varphi + x$ étant la hauteur d'émergence dans le second cas, on est conduit aux deux formules suivantes :

$$\rho^2\varphi = \rho'^2(\varphi + x) = K\varphi^2$$

et, le volume du cône émergé étant égal au cylindre d'eau de hauteur x et de rayon R,

$$R^2 x = \frac{\rho'^2}{3}(\varphi + x).$$

Sans donner le détail des calculs, notons qu'on obtient

$$x = \frac{K\varphi^2}{3R^2},$$

d'où

$$\rho' = \sqrt{\frac{\varphi}{\frac{1}{K} + \frac{\varphi}{3R^2}}}.$$

Or le flotteur parabolique est construit de telle sorte que K est sensiblement égal à l'unité; $3R^2 = 27$ est aussi une constante de l'appareil.

Ainsi il est facile de calculer x et ρ' pour les diverses valeurs de φ, qui sont 1, 2, 3, ..., 10 pour 1, 2, 3, ..., 10 nœuds, et d'établir la courbe, comme dans le cas précédent, en substituant $\varphi + x$ à φ et ρ' à ρ. Le Tableau ci-dessous montre les éléments du calcul :

Vitesse en nœuds.	φ (hauteur vraie de l'ascension).	$\varphi + x$ (hauteur d'émergence).	ρ' (demi-diamètre du flotteur aux points d'émergence $\varphi + x$).
	cm	cm	cm
1	1	1,04	0,98
2	2	2,14	1,36
3	3	3,30	1,65
4	4	4,59	1,86
5	5	5,92	2,05
6	6	7,33	2,21
7	7	8,81	2,36
8	8	10,37	2,48
9	9	12,00	2,60
10	10	13,70	2,70

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la déshydrogénation des alcools par oxydation catalytique sous pression réduite.* Note de MM. **Charles Moureu** et **Georges Mignonac.**

1. Dans une Communication récente [1], nous avons fait connaître une méthode générale de préparation des aldéhydes et des cétones basée sur l'oxydation des alcools correspondants par l'air en présence d'un catalyseur, l'argent divisé. Cette méthode, qui donne d'excellents rendements avec des alcools à poids moléculaire peu élevé, est d'une application de plus en plus délicate au fur et à mesure que l'on monte dans les séries. Dans le cas de l'alcool benzylique, le rendement est voisin de 80 pour 100, et il ne dépasse guère 60 pour 100 dans celui de l'alcool cinnamique. On observe, en outre, dans ces deux cas, la formation de goudrons à la surface du catalyseur; au bout d'un certain temps, celui-ci perd de son activité, et il doit être régénéré.

2. Pour rendre la méthode d'une utilisation plus générale, nous avons imaginé une technique nouvelle, qui consiste à traiter les alcools par l'oxygène sous pression réduite. La vapeur de l'alcool à transformer est dirigée, en même temps qu'un courant d'oxygène sous une pression de 20^{mm} à 40^{mm}, sur une masse catalytique identique à celle que nous mettons en œuvre dans la technique précédemment décrite et disposée de la même manière. Cette masse ayant été au préalable portée à une température de 230° à 300°, l'oxydation a lieu immédiatement, avec élévation de la température, que l'on maintient dans les limites convenables par un chauffage extérieur.

Comme dans le cas de l'oxydation par l'air, nous avons reconnu qu'il était avantageux d'opérer en présence d'un excès de vapeur d'alcool. Dans nos différentes expériences, la quantité d'oxygène mise en œuvre était inférieure de 10 à 20 pour 100 à la quantité théorique.

L'alcool benzylique et l'alcool cinnamique, traités suivant cette technique, ont fourni les aldéhydes correspondants avec des rendements compris entre 80 et 90 pour 100. Avec l'alcool caprylique secondaire, nous avons très facilement obtenu la méthyhexylcétone (rendement : 70-80 pour 100), et avec l'alcool dodécylique, l'aldéhyde correspondant (rendement 80 pour 100). De même, le géraniol nous a conduits, sans décomposition sensible, au citral.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 258.

GÉOLOGIE. — *Les mylonites de la quatrième écaille briançonnaise.* Note de M. **Pierre Termier.**

J'ai décrit autrefois et à diverses reprises ([1]), sous le nom de *Conglomérats à galets cristallins de l'Eychauda*, un système d'assises bréchiformes où dominent les débris de micaschistes et de roches cristallines diverses, et où l'on trouve aussi des débris, plus rares, de Permien, de Trias et de Lias; système qui a toute épaisseur jusqu'à un maximum d'environ 100^{m} et qui constitue, dans les montagnes de l'Eychauda, non loin du bord oriental du massif du Pelvoux, la base de la *quatrième écaille briançonnaise* ([2]). On observe les mêmes brèches, mais moins épaisses, comme sporadiques, et non exclusivement confinées dans la base de l'écaille, au sein d'un autre lambeau de celle-ci, le lambeau de Serre-Chevalier. Enfin, M. Kilian a signalé, en 1898, à l'Alpet, près de Mont-Genèvre, des brèches semblables, associées à des micaschistes et à des roches vertes laminées, qui ne diffèrent point de ceux et de celles de l'Eychauda. Nous n'avons jamais, ni M. Kilian, ni moi, douté de l'identité absolue des brèches de l'Alpet et des brèches de l'Eychauda et de Serre-Chevalier.

Je n'avais pas hésité à attribuer à toutes ces brèches une origine sédimentaire et un âge nummulitique. J'en faisais un faciès spécial et local, un faciès conglomératique et côtier, du Flysch briançonnais; et c'est ainsi que ces prétendus conglomérats sont désignés sur la feuille *Briançon* de la Carte géologique à l'échelle de $\frac{1}{80\,000}$, et sur ma Carte géologique des Montagnes entre Briançon et Vallouise à l'échelle de $\frac{1}{50\,000}$. Manière de voir qui entraînait, à mes yeux, cette conséquence fort importante : que les Schistes Lustrés existaient déjà, avec leur métamorphisme profond et intense et leur cortège de roches cristallines, à l'époque où se déposait le Flysch briançonnais, et que, à cette époque, ces Schistes formaient un rivage,

---

([1]) De 1895 à 1902; en dernier lieu dans *Les montagnes entre Briançon et Vallouise* (*Mém. de la Carte géologique de la France*), 1903, p. 45 à 52 et p. 111 à 127.

([2]) J'ai donné ce nom à un lambeau de recouvrement fragmenté par l'érosion et posé, tout en haut du pays briançonnais, sur un socle formé de trois *écailles* empilées, *digitations*, elles-mêmes, de la grande nappe briançonnaise. Ce lambeau de recouvrement est fait de micaschistes, de roches basiques et, accessoirement, de gneiss, tout cela semblable aux roches de même nature qui, plus à l'Est, accompagnent les Schistes Lustrés.

continental ou insulaire, de la mer nummulitique. Le mélange, dans les prétendus conglomérats, de débris de terrains à faciès briançonnais et de débris de roches cristallines du type de celles de la quatrième écaille, m'induisait aussi à penser que la quatrième écaille n'est pas tout à fait indépendante de son substratum, qu'elle appartient encore au pays briançonnais, et que son charriage, d'ailleurs indéniable, est un charriage de faible amplitude.

Ces conclusions avaient paru très acceptables aux géologues qui, postérieurement à 1898, ont visité la région de l'Eychauda. Seul parmi eux, Jean Boussac, en 1912 [1], s'était formellement prononcé pour l'origine lointaine de la quatrième écaille, sans cependant mettre en doute, ni le caractère sédimentaire, ni l'âge nummulitique des brèches en question. Pour lui, la quatrième écaille appartenait à la *nappe de la Dent-Blanche*, d'Émile Argand, et venait du bord sud-oriental du grand géosynclinal des Schistes Lustrés. Et comme, dans la zone des racines de la nappe de la Dent-Blanche, le Lias et le Trias prennent des faciès analogues à ceux qu'ils ont dans la zone des Aiguilles d'Arves et dans le Briançonnais, le caractère briançonnais de quelques-uns des débris renfermés dans les brèches de l'Eychauda et de l'Alpet n'avait, suivant Jean Boussac, rien qui dût nous surprendre.

En relisant la thèse de Jean Boussac, l'idée m'est venue que tout serait encore bien plus clair, et que toute difficulté disparaîtrait, si les *conglomérats à galets cristallins* de l'Eychauda et de l'Alpet n'étaient pas des conglomérats, s'ils étaient des brèches d'origine mécanique, résultant de l'écrasement de la quatrième écaille et du mélange de ses matériaux écrasés avec les matériaux arrachés à son substratum, en un mot s'ils étaient des mylonites. Cette idée ne pouvait, je crois, venir à l'esprit de personne avant 1903. Mais aujourd'hui que les mylonites sont entrées dans la science et que l'importance de leur rôle tectonique n'est plus contestée, la question se pose tout naturellement.

J'ai donc, après vingt ans, revu, au cours du dernier été, les montagnes entre Briançon et Vallouise, et aussi le vallon de l'Alpet. Le résultat de ce nouvel examen a été immédiat et tout à fait décisif : *les prétendus conglomérats de l'Eychauda, de Serre-Chevalier et de l'Alpet, ne sont pas des conglomérats; ce sont des mylonites*. Je ne conserve à cet égard aucun doute, et je

---

[1] Jean Boussac, *Études stratigraphiques sur le Nummulitique alpin* (*Mém. de la Carte géolog. de la Fr.*), 1912, p. 248 à 257.

ne crois pas que le doute soit maintenant possible. Il n'y a aucune différence essentielle entre ces brèches et celles que j'ai décrites, en 1902, comme *brèches d'écrasement* sur quelques points de la base de la quatrième écaille; la seule différence est dans la grosseur des blocs [1].

Les brèches de l'Eychauda ne sont pas des sédiments. La sédimentation ne va jamais sans un certain classement de volume. Même dans un conglomérat, même dans les brèches sédimentaires qui s'intercalent parfois au milieu des formations marines et qui témoignent d'épisodes violents, tectoniques ou séismiques, interrompant brusquement une période tranquille, le dépôt dans l'eau se trahit toujours par quelque régularité dans l'arrangement des débris : on voit, par exemple, des lits de sable fin, ou de petits graviers, séparer les bandes plus troublées et de grain plus gros. Ici, rien de semblable; aucun arrangement des débris; c'est le chaos même : premier caractère des mylonites.

Un deuxième caractère, c'est la discontinuité. Un sédiment se poursuit, dans la surface où il s'est déposé et qui était autrefois un plan horizontal; et, après l'avoir suivi plus ou moins longtemps, on le voit *passer* à un sédiment de nature un peu différente, ou encore se terminer en coin entre deux assises également sédimentaires. La sédimentation, même dans le cas des brèches marines d'origine tectonique ou séismique, ne va pas sans une certaine continuité. Ici, le phénomène est essentiellement discontinu. L'assise bréchiforme *se fond*, pour ainsi dire, dans une assise homogène et non brisée. On ne sait jamais si l'affleurement que l'on touche, et qui est du vrai micaschiste, ne va pas se transformer, tout à côté, en un affleurement de brèche simulant le conglomérat. Il y a vingt ans déjà, j'avais été frappé de la difficulté de tracer un contour, sur la carte, entre les brèches et les terrains de la quatrième écaille; même au col de Méa, où les brèches abondent, les assises cristallines d'apparence homogène sont prépondérantes. J'avais été frappé aussi de ce fait que les brèches réapparaissent, çà et là, en pleine quatrième écaille et loin de la base, sur les pentes de l'Eychauda et de Serre-Chevalier, et que ces réapparitions sporadiques restent toujours locales: je me les expliquais par des replis de l'écaille, mais cette explication

---

[1] Dans mon Mémoire de 1902 (*loc. cit.*, p. 112 à 115), je décris des *brèches d'écrasement*, à grands blocs de Permien, de Trias et de Malm, en un lieu situé au N.-N.-O. et à 800^{m} environ du Sommet de l'Eychauda, sur la rive gauche du vallon du Fangeas. J'appelle le lieu « Butte des Galets », parce que les blocs en question simulent des galets gigantesques. Ces brèches, que j'appellerais aujourd'hui mylonites, sont à la base même de la quatrième écaille.

ne me satisfaisait pas complètement. En réalité, il n'y a pas de limite précise entre les brèches et la quatrième écaille; les brèches, particulièrement abondantes près de la base, reviennent un peu partout; ce sont des *accidents* de la quatrième écaille; ce n'est pas une *entité stratigraphique* distincte des terrains de celle-ci.

Un troisième caractère est tiré de l'étude des débris eux-mêmes et du ciment qui les relie. Je n'ai pas grand'chose à changer à ma description de 1902 en ce qui concerne ciment et débris; mais j'ai eu tort de dire que la plupart des débris sont roulés (*loc. cit.*, p. 46); c'est le contraire qui m'est apparu dans ma dernière étude. Le nombre est vraiment très petit des débris ayant forme de galets; la plupart ont des formes quelconques, avec des contours arrondis et des arêtes émoussées; beaucoup sont à angles vifs, surtout parmi les débris quartzeux, gneissiques ou micaschisteux. Les seuls débris qui prennent, parfois, figure de galets, sont les débris calcaires, triasiques ou liasiques, c'est-à-dire les plus tendres; encore y en a-t-il, parmi eux, qui ont gardé des silhouettes irrégulières. Quant au ciment, ce devrait être un sable, si la brèche était sédimentaire; ce n'est pas du tout un sable; c'est, le plus souvent, une sorte de pâte, ou de purée, *d'allure fluidale*, faite de micaschiste écrasé, et qui se moule comme une matière plastique autour des débris, et qui, même, les injecte et s'insinue dans leurs fissures. Cette pâte de micaschiste écrasé est souvent colorée en rouge vif par de l'oxyde de fer.

Un quatrième caractère, qui m'avait frappé, mais que je n'avais pas su interpréter convenablement, est le *laminage général* de toute l'écaille, brèches comprises. Ce laminage est très intense et se manifeste, un peu partout, par les phénomènes habituels : surfaces de friction, onduleuses et miroitantes; disposition lenticulaire des bancs; tronçonnement des cristaux. A la « Butte des Galets », le laminage se lie à l'écrasement de façon évidente; mais ailleurs, il n'est guère moindre et, à le regarder de plus près, sa liaison avec la naissance des brèches n'est pas contestable.

A l'Alpet, la nature mylonitique des brèches est encore plus palpable qu'à l'Eychauda, à cause, sans doute, de la dureté plus grande du substratum. Tandis que, dans les montagnes entre Briançon et Vallouise, la quatrième écaille repose habituellement sur les schistes et grès tendres du Flysch, les micaschistes et autres roches cristallines de l'Alpet reposent sur des calcaires du Trias, durs et cassants. On voit, sur l'arête même du col de l'Alpet, des mylonites de ces calcaires, de couleur grise, et d'autres mylonites, de couleur jaune, qui sont des cargneules à débris de

micaschistes; un peu plus au Sud, près de la fontaine, affleurent des mylonites où les morceaux de micaschistes et les débris triasiques sont en proportions comparables; puis viennent les brèches à débris cristallins, où le débris triasique est rare, et qui sont identiques à celles de l'Eychauda. On a donc ici tous les passages entre Trias mylonitique et terrain cristallin mylonitique; et cette zone écrasée sépare, du Trias d'apparence autochtone, le lambeau cristallin qui est, de toute évidence, un lambeau de recouvrement.

Cet *erratum* à mes Notes et Mémoires d'il y a vingt ans et aux deux cartes géologiques, citées plus haut, de la région briançonnaise, cet *erratum*, dis-je, était très nécessaire, en raison de la grande importance de la quatrième écaille pour quiconque veut bien comprendre l'histoire du Briançonnais. Rien, désormais, ne s'oppose plus à ce que la quatrième écaille ait une origine lointaine, comme le voulait Jean Boussac, et comme je l'avais, moi-même, pensé dans les premières années de mon étude. Rien, dans cette écaille, ne ressemble aux terrains de son substratum; elle est séparée de son substratum par une épaisseur, plus ou moins grande, pouvant aller à 100^m, de mylonites où se mélangent ses propres roches cristallines et les débris arrachés, par le charriage, aux terrains sur lesquels elle est passée; elle vient de loin, *d'une région italienne où tout est cristallin*, sans que l'on puisse préciser davantage par la seule considération des phénomènes observés à l'Eychauda, à Serre-Chevalier ou à l'Alpet; enfin, comme les brèches de sa base sont des mylonites, et non plus des sédiments d'âge nummulitique, elles ne nous apprennent plus rien sur l'âge du métamorphisme et nous n'avons plus le droit de dire que les Schistes Lustrés, par exemple, étaient déjà métamorphiques quand se déposaient les grès et les schistes du Nummulitique briançonnais.

M. Ch. Depéret, en son nom et en celui de M. F. Roman, fait hommage à l'Académie d'un Mémoire intitulé : *Le* Felsinotherium Serresi *des sables pliocènes de Montpellier et les rameaux phylitiques des siréniens fossiles de l'ancien monde.*

NOMINATIONS.

M. G. Bigourdan est désigné pour représenter l'Académie à l'inauguration du monument érigé en mémoire de J. Janssen, près de l'Observatoire de Meudon, le dimanche 31 octobre.

CORRESPONDANCE.

M. G. **Raymond** adresse un rapport sur l'emploi de la subvention qui lui a été accordée, en 1919, sur la *fondation Loutreuil*.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce le décès de M. *Daniel-Pauliné OEhlert*, Correspondant de l'Académie pour la Section de Minéralogie, décédé à Laval, le 17 septembre 1920.

M. **Jean Strohl**, professeur de Zoologie à l'Université de Zurich; M. **Davidoff**, directeur de la Station zoologique de Villefranche-sur-Mer, adressent des télégrammes de condoléances à l'occasion du décès de M. *Yves Delage*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces de la Correspondance :

1° Un rapport autographié de MM. Bouygues et Henri Devaux : *De la valeur du fluorure de sodium comme antiseptique pour la conservation des traverses*. (Présenté par M. Gaston Bonnier.)

2° Un Mémoire de MM. Lucien Mayet et Jean Pissot intitulé : *Abri sous roche préhistorique de la Colombière, près Poncin* (*Ain*). (Présenté par M. Ch. Depéret.)

3° *Mission du Service géographique de l'Armée pour la mesure d'un arc de méridien équatorial en Amérique du Sud, sous le contrôle scientifique de l'Académie des Sciences* (1899-1906), fascicule 2, tome 10 (Opiliones, Diptères, Myriapodes, etc.).

M. **Orticoni** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Énumération et constitution des corps abéliens quelconques*. Note de M. **A. Chatelet**.

Il m'avait semblé naturel de commencer l'étude des corps abéliens par ceux dont le degré est premier; entre autres simplifications, ils ont l'avan-

tage d'avoir un groupe *cyclique*. J'ai pu ainsi obtenir une énumération complète de ces corps et des renseignements précis sur leur constitution [1]. Mais la difficulté d'énoncer simplement ces premiers résultats me faisait craindre une complication plus grande pour le cas général des corps abéliens. C'est le phénomène inverse qui a lieu et ceci tient à ce que, contrairement à ce que j'avais cru *a priori*, la classification et la constitution des corps abéliens s'obtiennent plus naturellement par la considération des facteurs du discriminant que par la donnée du degré. Les propriétés que j'ai ainsi obtenues comprennent celles que j'ai déjà signalées pour les degrés premiers (*loc. cit.*) et même les éclairent à certains points de vue.

1. J'indique d'abord comment, à partir de corps abéliens donnés, on peut en constituer d'autres, par une véritable opération qu'il est naturel d'appeler *composition*. Soient deux corps abéliens A et B, de degrés m et n, de groupes [A] et [B]; considérons deux sous-groupes respectifs de [A], [B], soient [M] et [N], qui soient *holoédriquement isomorphes*, par suite de même *ordre* p diviseur commun de m, n. On peut toujours prendre pour [M] et [N] le groupe [1] composé de la seule substitution identique; c'est même le seul cas possible si m et n sont premiers entre eux ($p = 1$). Dans un cas, pour ainsi dire opposé, si [A] et [B] sont holoédriquement isomorphes ($m = n$), on peut prendre [M] et [N] confondus avec [A] et [B].

Soient alors $m_i(x)$ et $n_i(x)$ les substitutions *correspondantes* des groupes [M] et [N], et α, β des nombres primitifs des corps A et B. Formons

$$\gamma = \sum_i m_i(\alpha) n_i(\beta),$$

c'est évidemment un nombre algébrique abélien, dont on obtient les conjugués, en remplaçant α, β par leurs conjugués respectifs de toutes les façons possibles; on vérifie immédiatement qu'on n'obtient ainsi qu'au plus $\frac{mn}{p}$ valeurs différentes. Le nombre γ sera dit composé des nombres α, β et le corps C qu'il définit composé des corps A et B, suivant les sous-groupes isomorphes [M] et [N]. En faisant varier la correspondance des substances des groupes on obtient p' corps C, p' étant le nombre d'isomorphies distinctes des groupes [M] et [N] ou encore du groupe [M] avec lui-même (p' est au plus égal à p).

(1) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 651.

Dans le cas $M = N = 1$, cette composition coïncide avec la composition définie par M. Hilbert dans son Rapport ([1]) et qui consiste à prendre seulement $\gamma = \alpha\beta$, soit encore à prendre pour C le corps défini par tous les nombres de A et B. Mais les propriétés données par M. Hilbert (th. 87 et 88) sont encore vraies, *mutatis mutandis*, pour le mode de composition plus générale que je viens de définir : si les *discriminants* a et b de A et B sont *premiers entre eux*, les p' corps C sont différents, chacun d'eux est effectivement de degré $\frac{mn}{p}$, on en obtient une base des entiers en composant respectivement les entiers de deux bases de A et B, enfin le discriminant c est

$$c = (a)^{\frac{n}{p}}.(b)^{\frac{m}{p}}.$$

2. On peut alors énoncer le résultat assez simple : *tout corps abélien résulte de la composition de corps abéliens simples, dont les discriminants sont des puissances de nombres premiers différents.*

Je crois encore exact, sans toutefois l'avoir établi de façon entièrement rigoureuse, que chaque corps n'est ainsi obtenu que d'une seule façon.

3. Au sujet de ces corps abéliens simples, je me contenterai d'indiquer ici qu'ils sont constitués par tous les sous-corps des corps des *racines* $(p^h)^{\text{ièmes}}$ de l'unité, p premier. On en déduit assez aisément le *degré* mp^{h-1}, si p est impair (m diviseur quelconque de $p-1$), 2^{h-1} ou 2^{h-2} si $p = 2$; une base des entiers et le discriminant (si $h = 1$, la base est normale et le discriminant est p^{m-1}, p impair). Leurs groupes sont *cycliques*, sauf pour le corps des racines $(2^h)^{\text{ièmes}}$ de l'unité, pour lequel le groupe est isomorphe du groupe des nombres $(-1)^x.5^y$, définis *module* 2^h.

4. Pour étudier la décomposition d'un nombre premier q dans un corps abélien K, il suffit d'étudier ce nombre q dans chacun des corps composants de K : $P_1, P_2, \ldots$ sous-corps des corps de racines $(p_1^{h_1}, p_2^{h_2}, \ldots)^{\text{ièmes}}$ de l'unité ($p_1, p_2, \ldots$ nombres premiers différents). On obtient ainsi des *caractères* (racines de l'unité) analogues au symbole de Legendre, dans chacun de ces corps, et leur produit donne le caractère du nombre q dans le corps considéré.

Il est alors facile d'en déduire que *si q se décompose d'une certaine façon dans le corps* K, *il en est de même de tout nombre premier congru à q suivant le module*

$$\Delta = p_1^{h_1} p_2^{h_2} \ldots.$$

([1]) *Théorie des corps de nombres algébriques* (traduction Lévy et Got), Chap. XIII, p. 90.

Cette propriété [1] généralise la propriété arithmétique indiquée dans ma Note citée sur les corps de degré premier.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur la possibilité d'étendre l'homéomorphie de deux figures à leur voisinage.* Note de M. **L. Antoine**.

Soient F et f deux figures homéomorphes situées dans des espaces E et e ayant le même nombre n de dimensions. Est-il possible d'étendre cette homéomorphie à leurs voisinages? J'entends par là : est-il possible de déterminer deux figures F_1, f_1 homéomorphes, telles que F et f se correspondent dans leur homéomorphie, chaque point de F (et de f) étant centre d'une hypersphère à $n-1$ dimensions, de rayon non nul, dont tout l'intérieur appartienne à F_1 (ou à f_1)? S'il est impossible de déterminer F_1 et f_1, je dis que F et f sont homéomorphes en elles-mêmes. Voici quelques résultats relatifs aux courbes de Jordan sans points multiples et aux ensembles parfaits discontinus bornés. Ils mettent en évidence certaines singularités de l'espace à trois dimensions.

I. La correspondance entre deux courbes de Jordan planes (toutes deux ouvertes ou toutes deux fermées) peut s'étendre à la totalité de leurs plans au moyen d'une infinité dénombrable de correspondances homographiques.

Cette propriété ne se généralise pas à l'espace à trois dimensions. En effet, C étant une courbe de Jordan fermée tracée sur un tore, soient α et β ses coefficients d'enlacement avec l'axe et le lieu des centres des méridiens de ce tore. α et β sont premiers entre eux et si l'un de ces nombres est nul, l'autre est 0 ou 1. La correspondance entre C et un cercle c peut s'étendre à leurs voisinages. Pour qu'elle puisse s'étendre à tout l'espace, il faut et il suffit que l'un des nombres α et β soit égal à zéro ou à 1. α et β n'étant pas nuls, je peux me borner à la courbe C′ (dont l'homéomorphie avec C peut s'étendre à tout l'espace), qui a pour équations en coordonnées semi-polaires

$$(C') \qquad \rho = R + r\cos\frac{\beta}{\alpha}\omega, \qquad z = r\sin\frac{\beta}{\alpha}\omega \qquad (R > r).$$

Or, si C′ est, comme c, frontière d'une calotte simplement connexe sans points multiples, l'un des deux nombres α, β est égal à 1.

---

[1] Au Congrès des Mathématiciens de Strasbourg, j'ai montré qu'on pouvait en donner un énoncé arithmétique, indépendant de la terminologie des corps algébriques.

α et β étant au moins égaux à 2, je marque sur C′ les deux points A′ et A″ définis par $\frac{\pi}{2} = \frac{\beta}{\alpha}\omega'$ et $2\beta\pi - \frac{\pi}{2} = \frac{\beta}{\alpha}\omega''$. Je marque sur l'axe des z les points M de cote $m > R + r$, M_1 de cote $-m$, S de cote $-3m$ et N de cote inférieure à $-3m$. J'appelle Γ l'arc MM_1 comprenant les deux segments rectilignes MA′ et $A''M_1$ et l'arc $\omega' < \omega > \omega''$ de C′. Soit Γ_n l'homothétique de Γ par rapport à S dans le rapport $\left(\frac{1}{2}\right)^n$ ($n = 1, 2, 3, \ldots$). Soit enfin Γ' l'arc de Jordan, somme des arcs Γ_n et du segment rectiligne SN. Γ' et un segment de droite sont homéomorphes en eux-mêmes. Si la correspondance pouvait s'étendre, il y aurait une calotte simplement connexe dont la frontière serait la somme d'un des arcs Γ_n et d'un arc extérieur à la sphère de diamètre $M_n M_{n+1}$, sphère qui contient à son intérieur tout l'arc Γ_n. Il y aurait donc aussi une calotte simplement connexe ayant C′ pour frontière, ce qui est impossible.

De même, un cercle et une courbe de Jordan fermée sans points multiples, dont Γ' est un arc, sont homéomorphes en eux-mêmes.

II. A tout ensemble fermé partout discontinu borné de l'espace E_n, je peux attacher une infinité dénombrable de variétés V fermées, à $n-1$ dimensions (que j'appelle variétés de définition de l'ensemble), telles que l'ensemble coïncide avec l'ensemble des points qui sont intérieurs à une infinité des variétés V. En outre, ces variétés V, groupées en variétés d'ordres numérotés 1, 2, 3, ..., λ, ..., ont les propriétés suivantes :

a. Quel que soit λ, les variétés d'ordre λ sont en nombre fini et sont extérieures les unes aux autres.

b. Toute variété d'ordre $\lambda + 1$ est intérieure à une variété d'ordre λ et, à l'intérieur de chaque variété d'ordre λ, il y a au moins une variété d'ordre $\lambda + 1$ (au moins deux, s'il s'agit d'un ensemble parfait).

c. Le diamètre maximum des variétés d'ordre λ tend vers zéro quand λ augmente indéfiniment.

Ceci résulte de ce que, étant donnés un ensemble fermé discontinu et deux variétés $S_1 S_2$ (S_2 intérieure à S_1), on peut déterminer une variété polygonale d'un nombre fini de sommets ne coupant pas l'ensemble, intérieure à S_1 et ayant S_2 à son intérieur. Donc, on peut prendre pour variétés V des variétés polygonales dont chacune a un nombre fini de sommets.

Il en résulte que [1] :

---

[1] Cf. Denjoy, *Comptes rendus*, t. 149, 1909, p. 1048, et t. 151, 1910, p. 138.

1° Tout ensemble fermé discontinu borné est situé sur un arc de Jordan et, en particulier, sur une ligne polygonale ayant une infinité dénombrable de sommets dont l'ensemble a pour dérivé l'ensemble discontinu donné.

2° Deux ensembles parfaits discontinus bornés sont homéomorphes. Si ces deux ensembles sont plans, on peut étendre leur correspondance à la totalité de leurs plans au moyen d'une infinité dénombrable de correspondances homographiques.

Voici un exemple de deux ensembles parfaits partout discontinus P et p de l'espace à trois dimensions qui sont homéomorphes en eux-mêmes. Les variétés de définition de P sont des tores; il y a un seul tore d'ordre 1; à l'intérieur de chaque tore d'ordre λ, il y a k tores d'ordre $\lambda + 1$ enlacés comme les anneaux d'une chaîne fermée entourant l'axe du tore d'ordre λ. Les variétés de définition de p sont des sphères ayant leurs centres en ligne droite; il y a une seule sphère d'ordre 1, et à l'intérieur de chaque sphère d'ordre λ, il y a k sphères d'ordre $\lambda + 1$.

La correspondance entre P et p ne peut pas s'étendre à leurs voisinages en vertu du théorème suivant :

Théorème. — Toute surface simplement connexe Σ qui a des points de P dans chacune de ses deux régions coupe P. Si Σ ne coupait pas P, il y aurait un ordre λ tel que Σ ne couperait aucun des tores d'ordre λ et en aurait dans chacune de ses régions. Par réductions successives, on en déduirait deux courbes enlacées dont l'une serait intérieure et l'autre extérieure à une surface simplement connexe, ce qui est impossible.

Un segment de droite et l'arc de Jordan qui contient P fournissent un nouvel exemple de deux courbes homéomorphes en elles-mêmes.

On peut en déduire deux ensembles discontinus (et par suite deux arcs de Jordan) dont la correspondance peut s'étendre à leurs voisinages et pas à tout l'espace. Chacun de ces ensembles P_1 P_2 est la somme de deux ensembles égaux à P. Les deux tores d'ordre 1 de P_1 sont enlacés; les deux tores d'ordre 1 de P_2 ne sont pas enlacés.

Le théorème énoncé ci-dessus a une allure paradoxale. Il est équivalent au suivant : P est coupé (l'ensemble des points d'intersection à la puissance du continu) par toute calotte simplement connexe sans points multiples dont la frontière est une courbe de Jordan extérieure à un des tores de définition de P et enlacée avec le lieu des centres des méridiens de ce tore.

MÉCANIQUE ET CHRONOMÉTRIE. — *Les frottements et l'isochronisme.* Note de M. JULES ANDRADE.

On doit à Villarceau cette remarque précieuse pour l'horlogerie :

Un frottement constant n'altère point l'isochronisme sinusoïdal, il ne fait que décaler le point mort apparent ou le centre de la vibration et le mouvement vibratoire s'arrête quand la borne finale d'une oscillation pénètre à l'intérieur d'une petite zone dont le point mort véritable est le milieu.

Dans un ordre d'idées un peu différent, voici un théorème qui m'a rendu de grands services pour l'étude mécanique du réglage et que je crois utile de mentionner malgré sa très grande simplicité.

Envisageons un mouvement pendulaire simple troublé par une résistance proportionnelle à la valeur arithmétique ou absolue de l'écart au point mort; en d'autres termes, en désignant celui-ci par u nous envisageons le mouvement

$$(1) \qquad \frac{d^2 u}{dt^2} = -K^2 u - K^2 \psi \varepsilon |u|,$$

où ψ est un coefficient de frottement, et où $\varepsilon = \pm 1$ a le signe de $\frac{du}{dt}$.

Ce mouvement oscillatoire est amorti d'une manière spéciale, les valeurs absolues des semi-amplitudes décroissent en progression géométrique dont la raison est $\frac{1-\psi}{1+\psi}$; la moitié ascendante d'une oscillation a pour durée $\frac{\pi}{2K}(1-\psi)^{-\frac{1}{2}}$; la moitié descendante de la même oscillation est $\frac{\pi}{2K}(1+\psi)^{-\frac{1}{2}}$, la durée d'une oscillation simple complète est

$$\frac{\pi}{2K}\left[(1-\psi)^{-\frac{1}{2}} + (1+\psi)^{-\frac{1}{2}}\right] = \frac{\pi}{K}\left[1 + \frac{3}{8}\psi^2 + \ldots\right].$$

Il y a isochronisme rigoureux à l'égard de l'arbitraire de l'amplitude, mais cette durée croît avec ψ.

Cette remarque a d'importantes conséquences chronométriques.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur les ondes de choc, leur réfraction et leur mirage à l'intérieur d'un courant d'air.* Note de M. **Ch. Dévé**, présentée par M. Sebert.

Les photographies de projectiles en mouvement révèlent les ondes de choc principales, mais elles sont à trop petite échelle pour renseigner sur les ondes de choc secondaires. Au contraire, les projectiles immobiles placés dans le courant d'air d'une soufflerie puissante peuvent être photographiés à plus grande échelle; ils donnent, avec les ondes de choc principales, une multitude d'ondes de choc secondaires faciles à photographier, puisqu'elles sont stationnaires; ces ondes fournissent des renseignements très utiles, mais les clichés étant encombrés de nombreuses ondes étrangères au projectile, leur interprétation paraît délicate.

Ayant été appelé à examiner un grand nombre de photographies de projectiles placés dans un vent de 450 m : s environ, sortant par une tuyère d'un réservoir d'air comprimé, j'ai été amené à formuler un certain nombre de propositions, qui paraissent expliquer la plupart des particularités des différentes ondes de choc.

1° Une onde de choc est engendrée en tout point où se produit une brusque variation de pression soit par compression, soit par dépression (ressauts, naissance de l'ogive, culot du projectile, etc., angles et bords de la tuyère).

2° En un point d'une onde, la direction de cette onde dépend de la direction des filets de courant et de leur vitesse relative en ce point. Ainsi, l'onde de queue tourne sa concavité vers l'avant, car les filets d'air convergent vers le vide du culot; par suite du ralentissement du courant au contact d'un obstacle, l'onde, près de cet obstacle, tourne sa concavité vers l'arrière, et d'autant plus que le frottement et l'entraînement de l'air (c'est-à-dire la résistance de la région considérée) sont grands.

3° Pour les vitesses supérieures à celles du son, l'air paraît « brouter » sur la surface lisse d'une ogive, et de très nombreuses ondes élémentaires s'attachent à cette surface comme si elle était striée de traits de tour. En conséquence de la proposition 2°, *toute onde élémentaire qui arrive sans fléchissement jusqu'au contact du projectile indique un point de ce projectile qui n'offre à l'air qu'une résistance très petite.*

4° Les ondes produites par une brusque dépression (onde de queue par exemple) s'attachent, non pas au point où se produit la dépression, mais au

point où se produit le choc en retour de l'air venant combler la dépression (recul d'une demi-longueur d'onde).

5° Si une onde pouvait passer sans transition dans un courant d'air de vitesse relative V, et y entrer sous l'incidence i, a étant la vitesse du son, elle se réfracterait sous l'angle r, tel que

$$\frac{1}{\sin r} - \frac{1}{\sin i} = \frac{V}{a}.$$

6° Cette formule donne les conditions de la réflexion totale; elle montre que, pour une onde née à l'intérieur d'un courant, la réflexion sous un certain angle serait totale sur la surface enveloppe du courant, tandis qu'une onde née à l'extérieur pourrait pénétrer dans le courant sous toutes les incidences. Ainsi, une onde de choc née à l'intérieur d'un cyclone de 30^m à 40^m de vitesse n'en pourrait sortir sous une incidence supérieure à environ 65°.

En réalité, il y a toujours une zone de transition entre deux milieux fluides animés de vitesses différentes; dès lors, la surface d'onde se modifie par l'effet de la réfraction, et, au phénomène de réflexion, se substitue un phénomène de mirage acoustique.

Si l'on appelle « surface de mirage » le lieu des points où les ondes de choc nées dans un courant d'air sont normales aux filets de courant, ou, ce qui revient au même, le lieu des points où la vitesse d'un filet d'air passe par la valeur de la vitesse du son, le phénomène du mirage des ondes de choc peut se définir ainsi : *Dans l'intérieur d'un courant d'air, une onde de choc rencontrant la surface de mirage, se réfléchit sur le filet de courant qui traverse la surface de mirage en cet endroit.*

Il est à remarquer que cette règle découle de la première proposition énoncée plus haut; en effet, l'onde de choc, en atteignant la surface de mirage, cesse brusquement; il y a donc, en ce point, une variation de pression qui engendre, dans le premier milieu, une nouvelle onde de choc dont l'axe est le filet d'air passant par le point considéré; cette nouvelle onde est l'onde de choc réfléchie.

Il résulte de ce phénomène que les photographies d'un violent courant d'air sont quadrillées de nombreuses ondes coniques à deux nappes issues de la tuyère, qui se réfléchissent plusieurs fois en rencontrant la surface de mirage; au contact de cette surface, ces ondes directes et réfléchies se présentent généralement en forme de toits de pagode. A mesure que la vitesse du courant se ralentit, les ondes coniques s'aplatissent en accordéon

et semblent rentrer dans la tuyère. On a pu cinématographier le phénomène.

Les ondes issues du projectile se réfléchissent comme les ondes de tuyère, sauf dans le voisinage immédiat du projectile. On constate, en effet, sur les photographies, que l'onde de tête, bien qu'elle s'accuse par un trait noir plus fort que les autres, ne se réfléchit pas, quand elle est encore dans sa partie courbe, au point où elle rencontre la surface de mirage. Voici comment peut s'expliquer cette anomalie.

L'air est en quelque sorte embouti entre le front de l'onde de tête et le projectile; toute la partie arrondie du front de l'onde autour de son sommet limite une zone d'air comprimé et plus ou moins entraîné ou dévié.

Si donc l'onde de tête, dans sa partie arrondie, rencontre la surface de mirage, l'air comprimé qu'elle retient s'épanche, comme l'eau s'échappe d'une digue rompue. De fait, sur les photographies, l'onde de tête semble éclater aux points où elle rencontre la surface de mirage, si cette rencontre se produit tout près du projectile, et l'on aperçoit toujours à cet endroit une brusque expansion des filets d'air; littéralement, la surface réfléchissante (surface des filets d'air) est brisée et coudée au point où devrait se produire la réflexion de l'onde de tête. L'expansion latérale des filets d'air produits par la rupture de l'onde de tête diminue certainement la pression totale exercée par le courant sur le projectile. Cette considération me conduit à formuler la proposition suivante :

7° Lorsqu'on veut mesurer à l'aide d'un manomètre la pression exercée par un courant d'air, sur un projectile, le chiffre relevé est erroné par défaut lorsque l'onde de tête se réfléchit mal au contact de la surface de mirage; dans ce cas, le projectile essayé est trop gros pour le courant d'air. Il convient donc de prendre une photographie, en même temps qu'on mesure la pression. Les essais photographiques préalables sont un moyen sûr de déterminer le calibre maximum des projectiles qu'on peut essayer dans un courant d'air donné.

Les ondes de choc sont plus faciles à observer et à enregistrer que les phénomènes dynamiques qui les produisent; elles constituent de précieux témoins, qui révèlent les états locaux du courant d'air. Grâce à elles, les études aérodynamiques deviennent plus aisées, dès qu'on peut opérer dans un vent d'une vitesse supérieure à celle du son.

NAVIGATION PHYSIQUE. — *Nouveau procédé de navigation permettant à tout navire d'entrer sans risques dans nos ports et d'en sortir quand les moyens habituels de repérer ses routes lui font défaut.* Note de M. **W.-A. Loth**, présentée par M. F.-R. Fournier.

1. C'est dans le but d'affranchir les bâtiments de guerre et de commerce des dangers que présente leur entrée dans nos ports du Nord et de l'Océan, qu'à la suite de recherches de laboratoire, en 1914 et 1915, et après des expériences nombreuses et concluantes en rade de Brest, de juillet à septembre 1919, j'ai demandé et obtenu du Ministre de la Marine, que l'on poursuive des expériences sur une grande échelle au large de Brest, pour l'étude complète et l'emploi pratique d'un nouveau procédé. Ces expériences ont été faites sous la direction du capitaine de vaisseau Audouard et du capitaine de frégate Floch dont la constante collaboration m'a été des plus précieuses. C'est ainsi que l'on a pu résoudre cet important problème des dispositions pratiques à prendre, de part et d'autre, pour permettre à tout navire d'entrer dans nos ports, dans le cas même où il ne trouverait pas, en s'y présentant, les moyens habituels de repérage de ses routes, nécessaires pour franchir les passes en sécurité. Ces dispositions comportent naturellement, pour le cas de guerre, des modifications tenues secrètes, qui empêchent l'ennemi de les utiliser.

2. Cette solution repose sur les dispositions suivantes : immerger sur le fond du chenal à suivre pour gagner les ports, un câble armé parcouru par un courant alternatif à fréquence musicale, de 2,5 *ampères seulement*. Ce courant crée dans l'espace environnant un champ magnétique de même période, dont les lignes de force, complexes, mais nettement définies après de laborieuses recherches et de nombreuses expériences, soit en mer, soit en rade, sont dans des plans *perpendiculaires au câble inducteur*.

Les installations à bord comprennent deux cadres verticaux en bois, de $2^{m},50 \times 1^{m}$, récepteurs des courants induits par le champ magnétique du câble. Chacun de ces cadres est à deux enroulements: le premier [T (60 spires), t (10 spires)] orienté *transversalement* au plan longitudinal du navire et le second [L (60 spires) et l (10 spires)] orienté *suivant* le plan longitudinal. Des communications téléphoniques, entre ces cadres et le poste d'écoute sur la passerelle, permettent d'y percevoir, à plus de 2000^{m}, les sons musicaux provenant des courants induits dans ces cadres par le champ magnétique

variable du câble-guide. Les courants amplifiés (avec accord ou non) sont reçus par des téléphones (accordés ou non). Quand le navire se rapproche du câble-guide *perpendiculairement* à lui, les réceptions de T et *t* augmentent, celles de L et *l* restent insensibles. L'inverse a lieu pour une direction du navire *parallèle* au câble. Enfin, deux cadres *horizontaux* ($2^m, 50 \times 1^m$), l'un à tribord, l'autre à babord, aussi écartés et élevés que possible, reçoivent les courants induits et donnent, à l'écoute, des sons musicaux perceptibles à 600^m, étant donnée la forme du champ. Le plus rapproché du câble-guide ayant une réception plus intense, on distingue *très nettement* de quel côté de ce câble se tient le navire, lorsqu'il court parallèlement à lui.

3. Cette description, nécessairement sommaire, fait comprendre comment un navire arrivant du large et partant de son point estimé, corrigé par la sonde ou autrement, peut trouver la partie la plus en dehors du câble-guide. Pour cela, il court d'abord perpendiculairement à la direction de ce câble tracée sur la carte, en écoutant sur T, et une fois le contact pris sur *t*, il lui suffit de tourner de 90° vers le port pour suivre le câble à bonne distance de sécurité, parallèlement à sa direction, en s'en maintenant (à écoute constante) sur *l*, de manière à garder toujours la droite du câble, en laissant ainsi l'autre côté libre pour les navires suivant la route opposée.

4. Sur les sous-marins le dispositif peut être plus rudimentaire encore.

5. D'après des expériences récentes, dirigeables et hydravions pourraient suivre dans des conditions analogues un câble-guide immergé, d'un port à un autre. Les portées de réception à 200^m d'altitude donnant une zone d'écoute de 3200^m de large.

6. Des routes aériennes semblables (analogues à une ligne télégraphique) pourraient être suivies par les dirigeables et les avions, sans aucune visibilité. On a reconnu qu'avec un ballon à 600^m d'altitude, on a une zone d'écoute de 10^{km} de large.

7. Avec ce procédé, une seule personne non spécialisée suffit à la conduite d'un bâtiment quelconque. La preuve en a été faite à Brest sur une canonnière de 400^{tx}, *La Belliqueuse*, sous les yeux du Ministre de la Marine, et sur *La Gloire*, cuirassé de 10000^{tx}.

L'installation du port de Brest va être entreprise. Son câble-guide aura 80^{km} de long et couvrira tous les dangers d'Ouessant et des Pierres Noires, son extrémité allant jusque dans les fonds de 100^m où il donne l'entrée en Manche.

Des installations semblables sont envisagées pour d'autres ports.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Application d'une nouvelle méthode de volumétrie physico-chimique.* Note [1] de M. **René Dubrisay**, présentée par M. H. Le Chatelier.

La méthode d'analyse physico-chimique qui a fait l'objet de précédentes Communications [2] se prête à des recherches d'acidimétrie. J'ai étudié, en particulier, la neutralisation par la soude des acides chlorhydrique et sulfurique.

A 10^{cm^3} de solution d'acide normal, j'ajoute des proportions variables de soude normale et le mélange est dilué à 200^{cm^3} au moyen d'eau distillée. Un volume fixe des liqueurs obtenues est mis en présence d'un égal volume de phénol et je détermine, par la méthode antérieurement indiquée, la température de miscibilité de cet ensemble. Les résultats sont consignés dans le Tableau suivant.

Tableau I.

Composition du liquide aqueux	Solution normale d'acide...	10^{cm^3}
	Solution normale de soude.	x
	Eau....................	$200 - 10 - x$

Acide sulfurique.		Acide chlorhydrique.	
x.	T.	x.	T.
0	68°,30	0	68°,30
2	68,70	4	68,80
4	69,30	8	69,20
6	70,00	10	69,40
8	70,80	12	69,10
10	71,80		
12	71,40		

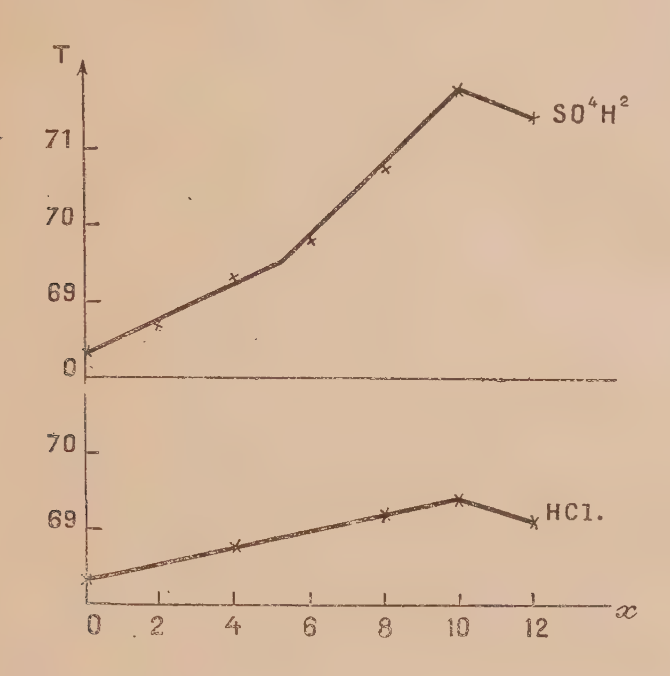
Si l'on représente graphiquement ces résultats (*fig.* 1), on obtient très approximativement pour l'acide chlorhydrique une droite brisée au point de saturation. Pour l'acide sulfurique, on observe deux points anguleux correspondant, le premier à l'addition d'une molécule NaOH pour une molécule SO^4H^2, le second à la neutralisation totale de l'acide. Ce fait, que j'ai vérifié en faisant varier les dilutions des liqueurs, mérite d'être retenu :

---

[1] Séance du 4 octobre 1920.

[2] *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 1036; t. 168, 1919, p. 56, t. 170, 1920, p. 1582.

on n'avait observé, en effet, aucun point anguleux correspondant au sulfate acide en traçant la courbe de neutralisation de l'acide sulfurique soit par la



méthode des conductibilités électriques (Miolatti et Masutti), soit par la cryoscopie (Cornec).

Pour confirmer ce résultat, j'ai étudié le système acide sulfurique-sulfate de soude comme j'avais fait pour les mélanges de sulfates (¹), c'est-à-dire que j'ai mêlé en proportions variables des solutions à même titre moléculaire de sulfate de soude et d'acide sulfurique et déterminé la miscibilité de ces liqueurs avec le phénol. J'ai inscrit dans le Tableau suivant les températures observées et les températures calculées en fonction de deux d'entre elles par la règle d'additivité.

(1) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1582.

TABLEAU II.

Mélange de liqueurs à $\frac{1}{10}$ de molécule par litre d'acide sulfurique et de sulfate neutre de sodium.

x = volume de solution acide.

$100 - x$ = volume de solution de sulfate de soude.

x.	T observée.	T calculée.	Écart.
0	85,20	85,20	»
16,666	82,30	82,60	+ 0,60
33,333	79,00	80,00	+ 1,00
50,000	76,15	77,45	+ 1,30
66,666	73,80	74,80	+ 1,00
83,333	71,80	72,20	+ 0,40
100	69,60	69,60	»

Les écarts sont nettement supérieurs aux erreurs d'expérience, et le maximum apparaît pour des volumes égaux des deux solutions, ce qui concorde avec la formation du sulfate acide.

En répétant les mêmes mesures dans le système acide chlorhydrique-sulfate de soude, on observe encore des écarts appréciables entre la température calculée et la température mesurée.

TABLEAU III.

x = volume de solution de HCl à $\frac{1}{10}$ de molécule par litre.
$100 - x$ = » SO^4Na^2 »

x.	T observée.	T calculée.	Écart.
0	85,1	85,1	»
33,333	78,9	80,1	1,2
50	75,8	77,6	1,8
66,666	73,8	75,1	1,3
100	70,2	70,2	»

Pour interpréter ces résultats, il est naturel d'admettre que l'acide chlorhydrique réagit sur le sulfate de soude, et qu'un état d'équilibre s'établit entre les deux acides et leurs sels. C'est d'ailleurs l'explication adoptée par Ditte, puis par Berthelot, à la suite de mesures calorimétriques (1).

(1) DITTE, *Comptes rendus*, t. 90, 1880, p. 1163 et 1283; BERTHELOT, *Comptes rendus*, t. 90, 1880, p. 1191.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Causes du parcours transversal des faisceaux libéroligneux aux nœuds des Graminées.* Note de M. P. Bugnon, présentée par M. Guignard.

J'ai consacré deux Notes antérieures (1) à mettre en évidence ce fait que, dans les nœuds de la tige des Graminées, ce n'est pas à une différence de nature entre les faisceaux libéroligneux qu'il faut attribuer leur course longitudinale ou transversale, mais qu'il ne s'agit là que d'une question de circonstances : l'objet de la présente Note est de déterminer ces circonstances.

Aux nœuds pourvus de racines latérales, on conçoit qu'on puisse mettre en cause la direction des courants d'échanges liquides correspondant à ces racines, les faisceaux libéroligneux s'établissant en définitive suivant les lignes de maximum de transport des sucs nourriciers. Mais des faisceaux transverses existent aussi aux nœuds dépourvus de racines latérales; d'autres causes agissent donc indépendamment de la précédente.

L'étude de la différenciation de l'appareil conducteur dans le bourgeon terminal de la tige révèle que les faisceaux d'une trace foliaire, nés à l'état de cordons procambiaux indépendants, au niveau du nœud, ou au-dessus, dans la feuille, se différencient ensuite progressivement dans la tige du haut vers le bas et en suivant un parcours normalement longitudinal. Leur extrémité inférieure arrive ainsi dans les régions nodales sous-jacentes où d'autres faisceaux, ceux des traces foliaires plus âgées, sont déjà établis. Plus grand sera le nombre des faisceaux préexistants à un niveau transversal donné, plus la place sera mesurée aux nouveaux venus et plus les risques de rencontres seront fréquents. Ces rencontres aboutissent à deux résultats différents : 1° ou bien le faisceau supérieur s'accole latéralement à un faisceau inférieur et finit par se fusionner avec lui; ce cas ne se présente que si la portion intéressée du faisceau inférieur est jeune elle-même et non encore entourée d'une gaine séparatrice; 2° ou bien le faisceau supérieur ne trouvant ni issue vers le bas, ni possibilité de fusion latérale, subit un coude brusque qui le rend transversal. L'état du tissu au nœud, d'une part, et immédiatement au-dessous du nœud, d'autre part, favorise ce phénomène : le tissu central du nœud a conservé dans une certaine mesure ses propriétés méristématiques initiales et peut aisément se différencier dans le sens transversal en éléments conducteurs, qui restent d'ailleurs courts; les nœuds des Graminées s'opposent en effet aux entre-nœuds par la persistance de la vitalité de leur région médullaire et par la direction de leur accroissement intercalaire, qui est surtout transversal. Par contre, et à cause de la situation basilaire de la zone d'accroissement intercalaire des entre-nœuds, c'est leur région supérieure qui arrive la première à son état défi-

(1) P. Bugnon, *Origine des faisceaux libérolig. transv., etc.* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 671); *Dans la tige des Graminées, etc.* (*Ibid.*, p. 1201).

nitif, le tissu sous-nodal devenant ainsi le premier incapable de différenciation ultérieure.

Dans son parcours transversal, le faisceau arrive à prendre contact latéralement avec d'autres faisceaux longitudinaux ou transverses au même état de différenciation que lui et des anastomoses s'établissent de la sorte entre faisceaux d'origines très diverses, anastomoses d'autant plus complexes que le faisceau descendant peut se diviser en plusieurs branches au niveau de l'obstacle à sa course longitudinale.

Les figures ci-jointes offrent des exemples nets de l'influence de ces circonstances sur le parcours des faisceaux dans les nœuds.



Coupes transversales dans le bourgeon terminal d'une germination de riz (*Oryea sativa* L.) ayant 5 feuilles différenciées au-dessus de la piléole. (Les figures 1 et 2 correspondent aux figures 2 et 3 de ma Note 1; se reporter au besoin à celle-ci pour les détails de la nomenclature des faisceaux.)

Fig. 1 : coupe au niveau du nœud de la feuille F_3. — Fig. 2 : coupe dans la partie supérieure du nœud de la feuille F_2. — Fig. 3 : coupe dans la partie inférieure du même. Gr. : $\frac{500}{6}$. — Le faisceau médian M_4 de la feuille F_4 s'est fusionné avec l'un des marginaux m_3 de la feuille F_3 : l'intervalle où il descendait entre M_2 et m_3, s'étant trouvé trop réduit pour lui permettre une course indépendante. Un obstacle du même genre (intervalle trop exigu entre M_2 et le faisceau anastomotique $M_4\,m_3$) a rendu transverse un des m'_3 (*fig.* 2). Fait analogue pour l'un des L_4 : l'autre L_4 a, par contre, trouvé la place nécessaire au nœud de F_2 pour continuer son parcours longitudinal, etc.

Ainsi, les causes provoquant le brusque changement de direction qu'un faisceau longitudinal peut subir au niveau d'un nœud semblent être : 1° l'absence de la place et du tissu nécessaires pour que sa différenciation puisse se continuer vers le bas ; 2° les facilités qui lui sont par contre offertes à cet égard pour poursuivre sa différenciation dans le sens transversal.

C'est pour les mêmes raisons que les faisceaux gemmaires sont habituellement

transverses : le bourgeon axillaire se développe en général tardivement par rapport aux feuilles du bourgeon terminal de la tige et, à ce moment, les conditions sont telles au niveau de sa feuille axillante que la différenciation des faisceaux de ses traces foliaires ne peut plus s'y effectuer que dans le sens transversal.

C'est également pourquoi, aux nœuds de l'axe d'inflorescence, où les feuilles axillantes sont très réduites ou nulles, où les faisceaux préexistants sont, par suite, peu nombreux dans une section transversale donnée, où le développement des branches se fait presque en même temps que celui de l'axe-support, les faisceaux gemmaires peuvent présenter là une course longitudinale (*loc. cit.*, 2).

Il ressort en outre de l'examen des figures ci-dessus que, dans une trace foliaire donnée, un faisceau qnelconque peut être amené à se trouver dans les conditions qui le rendront transversal à un nœud, ou qui le feront s'accoler à un autre faisceau quelconque d'une autre trace.

Les changements de direction d'un faisceau libéroligneux dans la tige, les rapports qu'il contracte avec d'autres, sont donc des phénomènes secondaires, en quelque sorte accidentels, dépendant uniquement de la structure de la tige au-dessous du niveau où il a pénétré. Cette constatation fondamentale, révélée par l'anatomie ontogénique, montre combien peuvent être fragiles les bases sur lesquelles maintes théories ont été édifiées, comme celle de Sargant et Arber ([1]), pour ne citer que la dernière en date, qui veulent interpréter les organes ambigus de l'embryon des Graminées d'après la course de leurs traces foliaires, d'après les rapports que leurs faisceaux libéroligneux présentent entre eux dans la tige, sans se préoccuper de la manière dont ces rapports se sont établis. Pour prétendre à être explicative, l'anatomie doit être ontogénique.

BOTANIQUE. — *Sur le rôle trophique des endophytes d'Orchidées.* Note ([2]) de M. **Clovis Beau**, présentée par M. Gaston Bonnier.

La question du rôle du mycélium dans les mycorhizes endotrophes, notamment chez les Orchidées, est loin d'être élucidée. S'agit-il seulement d'une action physico-chimique ayant pour effet de régler la concentration intérieure de la plante, et par suite les échanges osmotiques, ou bien y a-t-il apport direct par le champignon, à l'intérieur de l'hôte, de substances alimentaires ?

La germination de graines d'Orchidées (*Spiranthes autumnalis, Orchis fragrans*) obtenue en déterminant expérimentalement l'infection mycélienne m'a paru plus propre à l'étude de cette question que la croissance des plantes développées, pour laquelle interviennent la fonction chlorophyllienne et l'utilisation des réserves déjà acquises. Ces graines minuscules ne

---

([1]) Sargant et Arber, *The comparative Morphology of the Embryon and Seedling in the Gramineæ* (*Ann. of Bot.*, t. 29, 1915, p. 160).

([2]) Séance du 4 octobre 1920.

renferment en effet qu'une quantité de substance nutritive négligeable; les embryons forment intégralement leurs tissus et leurs réserves aux dépens du milieu nutritif. Si l'on peut faire en sorte que les embryons soient en relation avec ce milieu seulement par l'intermédiaire du mycélium, et si dans ces conditions on observe leur développement, il faut bien en conclure que le champignon leur fournit tous les aliments nécessaires.

Or il en est ainsi dans l'expérience suivante :

Sur la gélose additionnée de salep d'une boîte de Petri on dépose sur sa face convexe et après l'avoir flambé un petit verre de montre. On ensemence la gélose avec le mycélium endophyte dont les filaments ne tardent pas à ramper sur le verre; on sème alors les graines sur celui-ci. Les embryons, rapidement pénétrés par le mycélium, se développent normalement, bien qu'ils ne puissent avoir aucun contact avec la gélose, même par les poils absorbants; et si l'on a soin de les humecter de temps en temps d'eau distillée stérile, leur croissance se poursuit sans arrêt. Mais si l'on détruit les filaments mycéliens qui vont de la gélose aux embryons, ceux-ci cessent de se développer, même si l'on continue à les humecter.

Ces résultats impliquent le transport de l'aliment par le mycélium; il faut alors supposer ou bien que celui-ci excrète les substances nutritives dans l'eau qui humecte les embryons, et avec laquelle elles pénètrent dans les poils absorbants, ou bien qu'il les introduit directement à leur intérieur. De ces deux hypothèses, la seconde est de beaucoup la plus vraisemblable, car si l'on répète l'expérience sans aucune addition d'eau dans le verre de montre, les embryons atteignent néanmoins un développement notable avant de subir un retard, puis un arrêt de croissance évidemment imputables à leur hydratation insuffisante; il est donc légitime d'admettre l'introduction de l'aliment par le mycélium à l'intérieur même de l'embryon; les substances dialysables (sels, hydrates de carbone) passeraient alors du mycélium aux cellules de l'hôte par un phénomène d'osmose. Les poils absorbants, dans l'expérience, absorberaient donc exclusivement de l'eau, sans substances dissoutes; il va de soi qu'il n'en est pas toujours ainsi, les poils absorbants restant, dans les conditions naturelles, des voies de pénétration pour les aliments dissous. On sait d'ailleurs que, dans les conditions expérimentales de la germination autonome, les poils absorbants peuvent suffire à l'absorption de tout l'aliment.

Mais dans les conditions naturelles, il est manifeste que l'acquisition par la plante tout au moins des hydrates de carbone nécessite l'intervention du mycélium dans tous les cas où l'absence de chlorophylle rend la symbiose obligatoire, le mycélium fournissant alors l'énergie chimique à la plante

sous la même forme que la chlorophylle. Il en est ainsi pendant le développement du tubercule embryonnaire de toutes les Orchidées et pendant toute la vie des Orchidées holosaprophytes. Et cette suppléance exacte de la fonction chlorophyllienne par la symbiose permet de comprendre comment des Orchidées normalement vertes peuvent exceptionnellement croître et fleurir dans des conditions d'étiolement plus ou moins complet, et parfois total. C'est ainsi que, dans une petite grotte des Alpes-Maritimes d'une dizaine de mètres de profondeur, j'ai observé (¹) des *Cephalanthera* et des *Epipactis* qui, à l'exclusion de toute autre plante à chlorophylle, pénétraient jusqu'au fond de cette grotte, d'autant plus décolorés qu'ils s'en rapprochaient davantage. Les derniers, très faiblement éclairés, étaient entièrement jaunâtres et cependant formaient encore des fleurs, stériles il est vrai. Mlle Camus a signalé depuis (²), dans une région voisine, un *Cephalanthera pallens* fleuri qui, développé dans un lieu très ombragé, présentait un albinisme complet. Le rhizome de ces individus étiolés portait un riche faisceau de racines, abondamment envahies par l'endophyte.

Dans tous ces cas, les hyphes extérieurs du mycélium digèrent des hydrates de carbone insolubles, tels que la cellulose des débris végétaux, et en font bénéficier leur hôte, embryon ou plante adulte. J'ai pu d'ailleurs mettre en évidence cette propriété que possède l'endophyte de digérer la cellulose en le cultivant sur du coton imbibé d'une solution minérale sans carbone où il se développe parfaitement. L'hydrate de carbone solubilisé et absorbé par les hyphes pénètre à leur intérieur jusque dans l'embryon ou la racine infectée; là, il passe du mycélium aux cellules par un phénomène d'osmose vraisemblablement conditionné par l'hydratation du suc cellulaire qu'assurent les poils absorbants, osmose à laquelle paraît spécialement propre le peloton mycélien qui, par sa grande surface et la minceur particulière de sa paroi, contitue un appareil quelque peu comparable à un glomérule de Malpighi.

En résumé, les expériences précédentes montrent l'action directe du champignon sur la nutrition de la jeune Orchidée, et permettent de comprendre sa moindre importance pour la formation des tubercules chez l'Orchidée verte plus âgée, la photosynthèse pouvant y suffire, ainsi que je l'ai montré dans une Note antérieure (³).

(¹) *Riviera scientifique*, août 1914.

(²) *Riviera scientifique*, 1er trimestre 1918.

(³) *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 512.

BIOLOGIE. — *Sur la biologie des Mollusques dans les dunes maritimes françaises et ses rapports avec la géographie botanique.* Note [1] de M. **Gaston Astre**, présentée par M. Guignard.

L'étude malacologique et botanique que nous avons poursuivie au cours de ces dernières années dans les dunes maritimes du littoral océanique français nous a fourni sur la biologie de ces régions pseudo-désertiques les généralités sommaires suivantes :

I. Au point de vue malacologique, la dune maritime est un milieu caractérisé par sa facilité de dessiccation ; à ce titre, sa faune proprement dite est xérophile. Au point de vue botanique, elle est caractérisée d'abord par sa facilité de dessiccation, ensuite par sa salinité ; il y aura donc une flore xérophile et une flore halophile.

La distribution biogéographique des dunes est une conséquence directe de ce caractère de sécheresse et de l'anhydrobiose qui en résulte. On peut en effet distinguer, selon le degré de sécheresse, quatre zones successives bien tranchées :

a. Zone abiotique, où les conditions physiques sont incompatibles avec la vie des êtres étudiés.

b. Zone oligobiotique, où la vie commence à apparaître. Végétaux : *Psamma arenaria*, *Eryngium maritimum*, *Convolvulus Soldanella*, *Cakile maritima*, etc.; Mollusques : *Helix* à test crétacé : *variabilis*, *palavasensis*, *barbara*, *pisana*, *intersecta*.

c. Zone mésobiotique, où la vie rencontre ses conditions moyennes. Végétaux typiques : *Hippophæ rhamnoïdes*, *Solanum Dulcamara*, etc.; Mollusques : *Helix nemoralis*, *H. aspersa*, *Sphyradium edentulum*, etc.

d. Zone pléistobiotique, à humidité notable : Pannes de Belgique, Lettes d'Aquitaine. Végétaux : *Rubus*, *Mentha*, *Lythrum*, *Salix*, etc.; Mollusques : *Helix pulchella*, *Buliminus obscurus*, *Hyalinia nitida*, etc. La rencontre de *Physa acuta* dans une mare salée de la région d'Arcachon, rapprochée de celle qu'on fait de cette espèce dans les lieux bourbeux et malodorants du bassin sous-pyrénéen, montre le degré d'imprécision qui peut régner parfois dans le procédé d'analyse sommaire des eaux employé par certains hygiénistes pour reconnaître la potabilité d'une eau d'après la faune qui y vit, cette forme ayant toujours été, dans ce cas, considérée comme n'habitant que des eaux très potables.

---

[1] Séance du 4 octobre 1920.

Ces zones sont disposées les unes par rapport aux autres, soit concentriquement comme dans les Flandres, soit parallèlement comme en Aquitaine, selon la disposition topographique des dunes.

La disposition des zones botaniques par rapport aux zones malacologiques se fait sur un même plan général, sauf les deux particularités suivantes :

a. Tandis que la partie la plus dénudée des zones oligobiotiques présente une flore halophile, il n'existe pas dans les dunes une faune malacologique différenciée.

b. Les zones oligobiotiques, botanique et malacologique, ne commencent pas au même endroit dans le voisinage de l'Océan, parce que l'on rencontre des végétaux sur le versant marin des premières croupes littorales, alors que les Mollusques terrestres ne peuvent vivre qu'en arrière de la première crête de dunes. Par conséquent, selon que les dunes voisines de la mer seront en plateau allongé ou en monticule abrupt, les Mollusques s'approcheront plus ou moins de la côte; la zone oligobiotique malacologique sera plus ou moins étendue.

II. Le facteur sécheresse, auquel est due la disposition des zones, est aussi dans une grande mesure la cause des principales réactions que présentent les Mollusques envers le monde extérieur. Les mieux adaptés de ces animaux à la sécheresse luttent en s'enfonçant de plus en plus dans la coquille et en sécrétant un épiphragme. Les espèces les plus susceptibles de vivre en anhydrobiose se rencontrent d'habitude au sommet des tiges de Graminées, elles sont ainsi éloignées des couches d'air surchauffé voisines du sol. Comme le test calcaire de ces animaux est généralement blanchâtre, l'échauffement par rayonnement est très diminué et leur échauffement ne se produit que par conduction avec les couches d'air assez distantes du sol. Enfin leur isolement derrière un épiphragme les maintient dans une atmosphère relativement saturée. Ces trois causes réunies leur permettent de résister à des conditions particulièrement défavorables. Un état particulier de semi-perméabilité des membranes protoplasmiques vient probablement faciliter cette adaptation.

III. La sécheresse possible des dunes a eu, en outre, pour autre conséquence, de ne permettre la vie sur les sables maritimes qu'aux Mollusques les mieux adaptés à l'anhydrobiose. Cette condition se traduit par le courant migrateur d'origine méridionale et l'association faunistique littorale, si souvent signalés par les auteurs. Nous avons pu préciser dans les Flandres l'état actuel de ces déplacements.

Il n'y a pas eu évolution dans la faune malacologique de la dune. Ce ne sont pas des Gastéropodes habitant l'arrière-pays, n'ayant donc que quelques centaines de mètres à parcourir, qui ont pénétré sur la dune presque aride pour la coloniser. Les formes qui ont peuplé ce sable sont celles qui étaient déjà adaptées à la sécheresse dans les régions lointaines plus méridionales et qui ont eu de longues étapes à franchir pour arriver en ces contrées côtières. En dehors de quelques modifications secondaires peu importantes, la faune malacologique des dunes n'est pas une faune ayant évolué en vue d'une adaptation à un milieu spécial, mais une faune qui était déjà préadaptée dans les pays circa-méditerranéens et qui a simplement étendu son aire de distribution dans les lieux dont les conditions physiques se rapprochent de celles des territoires où elle habitait déjà.

IV. A côté de la dessiccation, qui est le facteur physique essentiel de la dune maritime, se rencontrent des causes secondaires multiples dont l'action se traduit par le polymorphisme des espèces, la costulation de la coquille, la desquamation du test et enfin un très curieux cas de mélanisme que nous avons observé en Flandres sur les téguments d'*Helix nemoralis*. La découverte exclusive que l'on fait de ces derniers spécimens mélaniques dans la portion des dunes la plus voisine du littoral, celle où la proportion de chlorure de sodium dans le sable est appréciable, permet de penser que c'est à un élément minéral d'origine marine, en suspension dans le sable, qu'est dû le déclanchement des processus d'oxydation nécessaires à la production de cette hyperpigmentation.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *La conduction aneurale de l'ectoderme chez les embryons d'Amphibiens*. Note de M. P. **Wintrebert**, présentée par M. Marchal.

J'ai montré, dans des études précédentes, qu'au temps de l' « irritabilité ectodermique aneurale », telle qu'elle est révélée par le fonctionnement musculaire, le tégument conduit les excitations, reçues en n'importe quel point de sa surface, à un territoire de raccord neuro-ectodermique strictement limité aux deux tiers antérieurs du tronc ([1]). Hooker (1911) soutient que la réponse obtenue par la stimulation d'une région aneurale résulte de la transmission mécanique de l'excitation aux régions nerveuses, par suite

---

([1]) Wintrebert, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. 57, 1904, p. 645; t. 59, 1905, p. 58; *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 408 et 583.

d'un ébranlement général ou d'un glissement de la peau sur les tissus profonds ([1]); mais ses procédés d'exploration sont défectueux ([2]); d'autre part, son opinion n'explique pas comment, à la suite d'ablation cicatrisée de la moelle dans les régions moyenne et postérieure du tronc, les piqûres de la pointe caudale, qui sont efficaces et suivies d'une réponse du segment céphalique pendant la phase d'excitabilité aneurale, ne déterminent jamais, ni avant ni après cette phase, la réaction de ce segment. Les expériences suivantes, entreprises pour élucider les caractères de la conduction ectodermique aneurale, prouvent encore l'inanité de cette interprétation mécanique.

Les opérations ont été pratiquées sur l'Axolotl (*Amblystoma tigrinum*) et leurs résultats confirmés chez *Rana temporaria*. Les larges blessures faites à l'embryon provoquent une paralysie rapide du mouvement, en raison des échanges nombreux qui s'établissent entre le milieu embryonnaire mis à nu et le milieu ambiant; l'exploration de la sensibilité doit donc suivre de près l'opération.

I. *La conduction aneurale de l'ectoderme est diffuse.* — *a.* Une incision annulaire du tégument, pratiquée entre l'une des extrémités et le territoire de liaison neuro-ectodermique, empêche le passage, vers les centres nerveux, des stimulations portées sur la tête ou sur la queue; mais il suffit d'un pont cutané intact, reliant les bords de l'incision en un point quelconque de son pourtour, pour assurer ce passage. Ce résultat confirme qu'en dehors de la zone de jonction signalée, aucun tissu profond, y compris les filets nerveux sensibles cutanés placés derrière l'incision, n'est capable de recueillir ni de porter à la moelle les excitations qui parcourent l'ectoderme.

b. Après avoir découpé partiellement l'embryon en deux, dans le sens longitudinal, par une incision partant de la région cardiaque et finissant devant la base caudale, si l'on pique la zone cardio-ventrale, on provoque une contraction réflexe du lambeau myotomique dorsal, qui débute toujours dans les muscles antérieurs.

c. Après une incision longitudinale faite en sens inverse, qui isole l'abdomen et la queue de la région neuro-myotomique du tronc, en laisssant les lambeaux réunis par une charnière antérieure, une excitation portée sur la queue se dirige en avant, passe par la région cardiaque dans le lambeau dorsal et provoque la contraction de celui-ci.

II. *L'excitation qui détermine le réflexe arrive au lieu de jonction neuro-ectodermique par le plus court chemin.* Chez l'Axolotl, quand la contraction croise les extrémités et enroule le corps en spirale (stades IV et V du mouvement) ([3]), la

---

([1]) Hooker, *Journ. of. exp. Zool.*, t. 2.

([2]) Wintrebert, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. 83, 1920, p. 1212.

([3]) Wintrebert, *Ibid.*, t. 76, 1914, p. 303.

réponse à une piqûre du bout caudal se produit toujours du côté opposé à l'excitation; mais après avoir incisé l'ectoderme transversalement sur une moité latérale de l'embryon, à l'union du tiers postérieur et des deux tiers antérieurs du tronc, c'est-à-dire en arrière de la zone de jonction neuro-ectodermique, si l'on excite de nouveau la pointe caudale, la réponse, au lieu d'être hétéro-latérale, comme auparavant, *s'exécute du même côté.* L'excitation ne pouvant traverser l'incision cutanée semi-annulaire, contourne les bords de l'embryon et parvient à la zone de liaison nerveuse du côté opposé, avant d'atteindre celle qui se trouve au-devant de l'incision; la réponse, par rapport à la voie nerveuse réceptrice, reste ainsi toujours croisée.

On remarque de plus que le temps d'accomplissement du réflexe nerveux constitue pour les centres médullaires *une phase réfractaire;* car l'excitation, diffusée dans l'ectoderme, n'aborde pas en même temps tous les points de la zone de liaison nerveuse. Le passage le plus précoce dans les nerfs sensitifs provoque la réponse motrice et les stimulations qui, par des chemins plus longs, arrivent plus tard à d'autres points de cette zone, restent sans effet.

La connaissance de la conduction ectodermique aneurale interdit de souscrire aux conclusions de Herrick et Coghill (1915) (1), qui attribuent à la moelle et spécialement aux cellules géantes dorsales de Rohon-Beard la conduction, vers les centres médullaires antérieurs, des premières excitations efficaces du bout caudal.

Le fait que ces excitations peuvent stimuler la partie antérieure de la moelle, alors que les trois quarts postérieurs de celle-ci sont enlevés, prouve que *la conduction médullaire n'est pas en jeu.*

Il n'est pas légitime non plus de considérer avec Coghill (1909, 1914, 1916) (2) les réponses hétéro-latérales, qui succèdent généralement aux premières stimulations efficaces de la tête et de la queue, comme l'expression d'un mécanisme nerveux *primitif;* car ce sont uniquement les centres médullaires antérieurs qui reçoivent les excitations conduites par l'ectoderme, et qui commandent les réponses; leur activité commence en même temps que les premiers mouvements du corps, bien avant, par conséquent, que les extrémités se montrent excitables par l'effet de l'irritabilité ectodermique aneurale. Nous avons déjà vu, du reste (3), que les réactions primitives de ces centres, de même que celles de tous les centres médullaires postérieurs, successivement différenciés le long de la moelle, sont variables dans leur orientation et fréquemment homo-latérales.

---

(1) *Journ. of comp. Neurology*, t. 25.

(2) *Journ. of comp. Neurology*, t. 19, 24 et 26.

(3) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 583.

ZOOLOGIE. — *Sur l'existence de la multiplication asexuée (scissiparité normale) chez certains Sabelliens* (Potamilla torelli *Malm. et* Myxicola dinardensis *St. Jos.*). Note de MM. **Maurice Caullery** et **Félix Mesnil**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Pendant longtemps, la reproduction asexuée n'a été connue, parmi les Polychètes franchement tubicoles, que chez les Filigranes et Salmacines. Le phénomène y est d'ailleurs évident, parce que la régénération du schizozoïte devance largement sa séparation d'avec la souche. Malaquin a fait une étude détaillée de ce processus. Plus difficiles à déceler sont les cas où les schizozoïtes ne régénèrent leur extrémité antérieure qu'après leur isolement; il faut alors, ou bien une dissection attentive des tubes pour y trouver les bourgeons *in situ* (c'est ainsi que S. Lo Bianco a démontré la scissiparité binaire d'un Chétoptérien, *Telepsavus costarum*), ou bien, par des statistiques, constater la fréquence et la régularité des régénérations (c'est ainsi que F.-A. Potts a mis en évidence la scissiparité des *Phyllochætopterus*). C'est d'ailleurs ainsi que nous-mêmes avons établi celle de *Syllis gracilis* (¹).

Jusqu'ici personne, à notre connaissance, n'a signalé de scissiparité régulière chez les Sabelliens, où d'ailleurs la régénération, expérimentale ou après traumatisme, est très facile, comme l'ont montré, en particulier, Vaney et Conte (²), chez *Spirographis*. Soulier (³) a noté aussi la fréquence de la régénération dans la nature, chez *Potamilla torelli*, en la considérant comme résultant de mutilations, c'est-à-dire ayant un caractère accidentel.

Nous avons eu l'occasion, en août-septembre de cette année, de constater l'existence normale de la scissiparité chez deux espèces de cette famille, *Potamilla torelli* Malm. et une Myxicole que nous rapportons à *Myxicola dinardensis* St. Jos.

Potamilla torelli est très commune dans les mares à *Lithothamnion* de la Hague. Ses tubes, parcheminés et vitreux, courent sous l'algue et s'in-

(¹) F. Mesnil et M. Caullery, *Sur un processus normal de fragmentation, suivie de régénération, chez une Annélide Polychète*, Syllis gracilis *Gr.* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 926).

(²) Vaney et Conte, *Recherches expérimentales sur la régénération chez* Spirographis spallanzanii (*C. R. Soc. Biol.*, t. 59, 1899, p. 973).

(³) Soulier, *Révision des Annélides de Cette*, II (*Trav. Stat. Zool. Cette*, sér. J, Mém. 13, p. 6).

sinuent profondément dans ses anfractuosités; il est facile d'en recueillir un grand nombre. Or une très forte proportion des individus adultes montrait nettement, à l'époque indiquée, une régénération plus ou moins avancée de l'extrémité postérieure, reconnaissable au calibre de cette extrémité, à la couleur et à la brièveté de ses segments. En extrayant soigneusement de l'algue des tubes de l'Annélide, il n'est pas rare de trouver, dans le même tube, un adulte se régénérant ainsi postérieurement et un autre individu, beaucoup plus petit, comptant régulièrement de 28 à 35 segments, dont le calibre et l'aspect correspondent bien à l'extrémité postérieure normale du premier; à l'extrémité antérieure de ce petit individu, on voit se différencier une couronne de branchies. Il y a concordance entre le degré d'avancement des deux régénérations.

Il n'est donc pas douteux que le petit individu est l'extrémité postérieure du grand, détachée et en voie de régénération antérieure. Au début de septembre, ces régénérations pouvaient être trouvées en nombre illimité dans nos cristallisoirs contenant des *Lithothamnion* porteurs de *Potamilla*. Le caractère normal du phénomème est nettement indiqué par la constance du nombre des segments.

Nous en concluons donc que, comme les Salmacines, *Potamilla torelli* se propage asexuellement, par scissiparité (ou schizogenèse), la région postérieure du corps s'autotomisant à un niveau fixe (à 30 segments environ de l'extrémité postérieure), pour constituer un nouvel individu ou schizozoïte. Ces schizozoïtes, même à des stades avancés de la régénération, ne peuvent pas être confondus avec des individus issus directement de l'œuf (oozoïtes).

La régénération, dont nous avons suivi les diverses étapes, se fait d'une façon tout à fait analogue à ce que Malaquin a vu chez les Salmacines. A l'extrémité antérieure, se forme un bourgeon, qui est rapidement bifide : ses deux branches primitives se subdivisent ensuite pour former les branchies. La partie basilaire se différencie en le premier segment avec la collerette et les deux premiers sétigères. Les segments suivants, à partir du troisième sétigère définitif, proviennent directement des segments anciens du schizozoïte : sur les trois ou quatre premiers de ces segments, se fait une transformation de l'appareil sétigère, qui aboutit à la constitution normale des segments thoraciques. Comme tous les segments abdominaux de *Potamilla*, ils offraient primitivement une rangée de plaques onciales représentant la rame dorsale, et un faisceau de soies capillaires représentant la rame ventrale. Les étapes de la transformation peuvent se sérier dans le

temps comme suit : 1° chute des plaques onciales; 2° poussée, à leur niveau de soies capillaires formant la nouvelle rame dorsale; 3° chute des soies capillaires ventrales; 4° poussée d'une rangée d'uncini ventraux. Les otocystes se voient très nettement auprès de la première rame sétigère dorsale (¹).

Les faits sont très analogues chez *Myxicola dinardensis*. Cette Annélide, qui atteint 25^{mm} de longueur, vit dans une gaine épaisse de mucus qu'elle sécrète et on la rencontre, comme *Potamilla torelli*, mais beaucoup moins fréquemment, sous les plaques de *Lithothamnion*. Or, souvent, dans chaque masse de mucus, il y a plusieurs individus, généralement de tailles très inégales. Les grands montrent fréquemment, comme chez *Potamilla*, une extrémité postérieure en régénération et les petits, qui ont un nombre de segments sensiblement fixe (environ 30), régénèrent leur extrémité antérieure. Ici le bourgeon de régénération ne fournit que la branchie, le premier segment et le premier sétigère. Les autres segments thoraciques (1 ou 2) se différencient aux dépens des segments anciens, de la même façon que chez *Potamilla* : au premier sétigère, on trouve aussi des otocystes en nombre souvent supérieur à ceux qui existent chez l'adulte. En somme, à des détails près, la scissiparité chez *Myxicola* se produit comme chez *Potamilla* (²).

Ces observations étendent notablement nos connaissances sur la scissiparité normale chez les Polychètes tubicoles et autorisent à penser que c'est là un processus assez répandu chez les Sabelliens (³).

(¹) On obtient aisément la régénération de fragments de *Potamilla*, sectionnés à un niveau quelconque, et elle a lieu de la façon décrite ci-dessus. Conte et Vaney (*loc. cit.*) décrivent d'une façon analogue la régénération chez *Spirographis*.

(²) La scissiparité existe vraisemblablement aussi chez *Myxicola æsthetica*, car Soulier (*loc. cit.*, I, Mém. 10, p. 27) indique qu'à Cette, cette Myxicole est extrêmement grégaire et forme parfois des paquets pesant jusqu'à 3^{kg}, où plusieurs individus sont dans un tube unique. Il note ailleurs (Mém. 13, p. 7) la fréquence des régénérations chez les Myxicoles.

(³) Vaney et Conte (*loc. cit.*), notent la coexistence assez fréquente de deux et même trois individus inégaux dans un même tube de *Spirographis* et « sont disposés à croire que la scissiparité peut se produire naturellement chez les Annélides ». Cette suggestion peut être considérée comme extrêmement probable d'après les faits relatés ici.

HYGIÈNE. — *Relations entre les éléments météorologiques et le nombre de décès par maladies inflammatoires des organes de la respiration, à Paris.* Note de M. **Louis Besson**, présentée par M. Bigourdan.

Tous les chiffres utilisés dans ce travail ont été empruntés au *Bulletin hebdomadaire de Statistique municipale*, publié par la Ville de Paris. Ce Recueil donne, pour chaque semaine, le nombre de décès par maladies inflammatoires des organes de la respiration, c'est-à-dire par bronchite aiguë, bronchite chronique, pneumonie, broncho-pneumonie, congestion pulmonaire et autres affections de l'appareil respiratoire, phtisie exceptée. On y trouve en outre les valeurs quotidiennes et les moyennes hebdomadaires des principaux éléments météorologiques à l'Observatoire de Montsouris. Telles ont été les données mises en œuvre. Les calculs ont porté sur l'ensemble des dix années 1904-1913, comprenant 522 semaines ([1]).

En moyenne, les maladies considérées ont causé 142 décès par semaine. La variation annuelle est très marquée et se reproduit à peu près la même tous les ans. Elle offre, en moyenne décennale, un maximum principal de 237 décès dans la septième semaine (milieu de février) et un minimum principal de 72 dans la trente-sixième (début de septembre). Il y a chaque année, au printemps, un maximum secondaire qui, en moyenne, est de 193 et tombe dans la seizième semaine (milieu d'avril). Il est séparé de celui de l'hiver par un minimum relatif de 175 dans la douzième semaine (milieu de mars).

Si l'on compare cette variation à celle de la température, on constate que la première est à peu près l'inverse de la seconde, avec un retard de trois semaines. Cela étant, en utilisant les 522 semaines, j'ai cherché la relation entre le nombre de décès et la température moyenne trois semaines auparavant. J'ai obtenu le résultat suivant ([2]) :

	Température de l'antépénultième semaine.												
	0°.	2°.	4°.	6°.	8°.	10°.	12°.	14°.	16°.	18°.	20°.	22°.	24°.
Nombre moyen de décès....	230	206	198	188	161	142	128	108	91	86	84	83	85

([1]) D'après les recensements de 1906 et de 1911, la population moyenne de Paris pendant cette période peut être évaluée à 2 784 000 âmes.

([2]) En groupant les températures de $-1°,0$ à $+0°,9$, de $+1°,0$ à $+2°,9$, etc.

La relation est des plus nettes : de 0° à 14° ou 15°, elle est représentée par une droite. Il y a proportionnalité inverse, à une hausse de température de 1° correspondant une diminution de 9,2 décès. Puis la courbe figurative s'infléchit rapidement et, à partir de 20° environ, devient sensiblement horizontale; le nombre des décès reste constant, quelle que soit la température, du moins jusqu'à 24° ou 25°. Au-dessus de cette température, comme au-dessous de 0°, il y a incertitude, le nombre de cas étant insuffisant.

A l'aide de cette relation, j'ai calculé le nombre moyen de décès de chacune des semaines de l'année en fonction de la température et je l'ai soustrait du nombre constaté. Si l'on représente graphiquement, l'un au-dessus de l'autre, d'une part cette différence, et d'autre part le nombre moyen de jours de vents de NNE à E pour chaque semaine de l'année, une corrélation évidente apparaît : quand la fréquence de ces vents augmente, on constate en général, à une semaine d'intervalle, une augmentation du nombre de décès corrigé de la température. Celui-ci se montre en outre affecté d'une variation saisonnière dont je parlerai tout à l'heure.

Pour avoir la relation entre la fréquence des vents de NNE à E et le nombre de décès, j'ai calculé pour chacune des 522 semaines le nombre théorique de décès en fonction de la température et la différence D entre ce dernier et le nombre constaté. J'ai ensuite calculé les valeurs moyennes de D suivant que la semaine précédente avait compté 0, 1, 2, ..., 7 jours de vents de ladite direction. Voici ces valeurs :

	Nombre de jours de vents de NNE à E la semaine précédente.							
	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Accroissement du n. de décès...	—7	0	+7	+11	+10	+13	+20	+22

La courbe figurative, malgré quelque irrégularité, a l'allure d'une courbe de saturation. Les vents de NNE à E accroissent le nombre de décès, d'abord proportionnellement à leur durée, puis suivant un taux décroissant à mesure que leur règne se prolonge.

Afin de dégager la variation saisonnière signalée plus haut, j'ai calculé la valeur moyenne de D en répartissant par mois les 522 semaines et en considérant successivement les cas où la semaine précédente avait compté 0, 1, 2, 3 ou 4 jours de vents de NNE à E (les semaines qui en comptent plus sont trop peu nombreuses). Chacun des cinq cas donne une variation annuelle, qui, dans ses grandes lignes, est la même pour tous. En faisant la moyenne, après avoir appliqué des poids proportionnels au nombre de cas, on a le résultat suivant :

	Mois de l'année.											
	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Variation saisonnière du nombre de décès..	+17	+7	0	+21	+14	+6	—8	—7	—11	—10	—17	—12

On en conclut que, par l'effet de la saison, indépendamment des circonstances météorologiques, le nombre de décès est plus grand dans les six premiers mois et plus petit dans les six derniers. Le mois de novembre est le plus favorable; ceux de janvier et d'avril sont, au contraire, les plus défavorables.

Le nombre de décès paraît déterminé presque exclusivement par les trois causes énumérées ci-dessus, à savoir la température, la fréquence des vents de la région Nord-Est et la saison. En particulier, l'humidité n'a qu'une importance pour ainsi dire du second ordre, car elle est sous la dépendance de la direction du vent. Et comme les vents de NNE à E, les plus défavorables, sont aussi les plus secs, la statistique indique qu'en moyenne une diminution de l'humidité est suivie d'une augmentation du nombre de décès, résultat qui ne justifie pas la bonne réputation du « petit froid sec ».

Des essais faits sur plusieurs années de la période 1904-1913 m'ont montré qu'en se servant des relations trouvées, on pouvait calculer avec une bonne approximation le nombre de décès à attendre pendant une semaine donnée, d'après les températures moyennes des trois semaines précédentes et la fréquence des vents de NNE à E dans la dernière semaine, en tenant compte aussi de la saison.

On constate parfois, entre les nombres calculés et les nombres constatés, des écarts dont le sens se maintient le même pendant un certain nombre de semaines. N'y a-t-il pas là une indication du caractère plus ou moins bénin ou pernicieux des maladies considérées aux diverses époques?

Les résultats dont la présente Note donne un résumé succinct seront publiés ultérieurement en détail dans un autre recueil.

La séance est levée à 16 heures trois quarts.

É. P.